



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 340/2016

Стефан М. Лазаревић

**Заштита од корозије применом полимерних материјала и
уређај за испитивање на корозију урањањем**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић - ментор
2. Проф. др _____
3. Проф. др _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



**Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука**



Мастер студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Стефан Лазаревић**

Број индекса: **340/2016**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Заштита од корозије применом полимерних материјала и уређај за испитивање на корозију урањањем**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о корозији и методама заштите од корозије. Потребно је детаљно описати технологију наношења заштитних превлака пластификацијом. У посебном делу рада извршити пројектовање уређаја за испитивање на корозију наизменичним урањањем узорака.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Корозија,
3. Методе заштите од корозије,
4. Технологије наношења заштитних превлака пластификацијом,
5. Пројектовање уређаја за испитивање на корозију урањањем,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 30.05.2019.

Резиме: У теоретском делу рада описана је подела основних механизми настанка корозије, њихово деловање као и основних метода заштите од исте, са циљем њеног спречавање или бар умањења нежељеног дејства. Приказана је технологија и процес наношења заштитних превлака плстификацијом, материјали за пластификацију као и потребна апаратура.

Практичан део рада базиран је на развијању идејног решења уређаја за испитивање корозије цикличним урањањем, као и сам процес одвијања експеримента. У прилогу овог рада налази се детаљна техничка документација потребна за ираду и монтазу овог уређаја.

Кључне речи: Корозија, заштита од корозије, заштитне превлаке, пластификација, уређај за испитивање корозије, циклична испитивања.

Abstract: The theoretical part of the paper describes the division of the basic mechanisms of corrosion, their action, as well as the basic methods of protection against it, with the aim of preventing it or at least reducing its undesirable effect. The technology and process of coating coatings, plastics materials and the required apparatus are presented.

The practical part of the paper is based on the development of the conceptual design of the device for testing corrosion by cyclic immersion, as well as the process of conducting the experiment. Attached to this paper is detailed technical documentation required for the design and assembly of this device.

Keywords: Corrosion, corrosion protection, protective coatings, plastification, corrosion testing device, cyclic testing.

Садржај:

1.	Увод.....	1
2.	Корозија	2
2.1	Равномерна корозија	3
2.2	Локална корозија	4
2.2.1	Корозија у зазору	4
2.2.2	Рупичаста корозија (питинг)	5
2.2.3	Међукристална корозија	5
2.2.4	Напонска корозија	6
2.2.5	Галванска (биметална) корозија	6
2.2.6	Селективна корозија	7
2.2.7	Заморна корозија	7
2.2.8	Ерозиона корозија	7
2.3	Електро хемијска корозија.....	8
2.3.1	Услови под којима долази до почетка електрохемијске корозије.....	9
2.4	Хемијска корозија - оксидација	11
3.	Методе заштита од корозије.....	15
3.1	Електрохемијске методе заштите од корозије.....	15
3.2	Заштита од корозије обрадом корозионе средине.....	16
3.3	Конструкцијске мере заштите	17
3.4	Заштита одабиром корозијски постојаних материјала	17
3.5	Заштитне превлаке	18
4.	Технологије наношења заштитних превлака пластификацијом	19
4.1	Материјали за пластификацију	19
4.2	Површинска припрема материјала за пластификацију.....	20
4.3	Покретање и позиционирање пиштоља.....	21
4.4	Наношење праха	23
4.4.1	Складиштење праха	24
4.4.2	Флуидизација праха	25
4.4.3	Транспорт праха.....	25
4.4.4	Наелектрисање праха.....	26
4.4.5	Задржавање праха.....	29
4.4.6	Издвајање праха	31
4.4.7	Просејавање праха	34
4.5	Печење праха	35
4.5.1	Конвециске пећи	36
4.5.2	Инфрацрвене пећи	36
4.5.3	Индукционе пећи.....	37
4.5.4	Пећи двоструког типа	37
4.5.5	Комбинација пећи за сушење и печење.....	37
5.	Уређаја испитивање корозије.....	38
5.1	Припрема идејног решења, основни захтеви.....	38
5.2	Разрада идејног решења.....	39
6.	Закључак.....	44
7.	Литература	45
8.	Прилог	46

1. Увод

Корозија је стално присутна појава у свету који нас окружује као природна склоност метала да се врати у првобитно стање тј. руду из којег је потекао. Без обзира да ли је реч о оградама дворишта, каросерији аутомобила или одговорним машинским конструкцијама, корозија свакодневно утиче како на визуелни изглед производа тако и на функционалност машинских система, што може да доведе до великих материјалних трошкова и катастрофа. Зато је изучавање и упознавање корозионих процеса изузетно важно за сигурност и поузданост машинских конструкција.

Добро познавање механизма корозије омогућава примену превентивних мера помоћу којих би се успорила или спречила појава корозије, чиме се остварује директна и индиректна уштеда средстава која би иначе била утрошена на поправљање оштећења насталих корозијом.

Проучавање корозијских процеса је сложен и релативно дуготрајан поступак који захтева примену различите лабораторијске опреме. Спроводи се у лабораторијским, експлоатацијским и различитим теренским условима. У том смислу за испитивање одређеног типа корозије потребно је пројектовати и изградити прикладан лабораторијски уређај о чему ће бити више речи у завршном делу овог рада.

У другом поглављу овог рада описани су основни механизми настајања корозије, њихова подела и подручија деловања. Треће поглавље приказује основне мере заштите од корозије, процес њиховог спровођења као и основне препоруке. У четвртном поглављу приказана је технологија наношења заштитних превлака пластификацијом, основни материјали потребни за пластификацију, припрема површина као и методе и апаратура за наношење и третирање праха. Последње (пето) поглавље овог рада, је практични део рада у коме је разрађено идејно решење уређаја за испитивање на корозију цикличним урањањем, описана је његова функција и приказани су потребни елементи за израду и монтазу уређаја.

2. Корозија

Корозија¹ се може дефинисати као нежељено разарање материјала које настаје сложеним физичко–хемијским дејством околне средине. Корозија метала у ствари је обрнут процес од поступка добијања метала и она представља природну појаву повратка метала у почетно равнотежно стање, при чему систем смањује слободну енергију.[1]

Највеће штете изазива атмосферска корозија која напада машинске и грађевинске конструкције у загађеној атмосфери нарочито у индустријским зонама, градским срединама, у рудницима, морским обалама и другим срединама са повећаном влажношћу. [1]

Познавање проблема корозије је важно због чињенице да су годишњи губици дејством корозије око 25 милиона тона материјала. [1]



Слика 2.1: Корозија

Губици услед корозије могу се умањити избором метала веће корозионе отпорности, смањивањем агресивности атмосфере, воде и тла путем Елтрације сагорелих гасова и загађеног ваздуха из индустријских погона као и примарним пречишћавањем и неутрализацијом отпадних вода и такође применом различитих врста Заштитних превлака које се наносе на металне конструкције. [1]

Према механизму настанка разликујемо у металу два основна типа корозије:

- Корозију у електро проводној средини - *електрохемијску корозију*;
- Корозију у електро непроводној средини - *хемијску корозију*.

Корозију можемо још поделити у зависности од средине у којој се одвија:

- Атмосферска корозија која обухвата процесе у влажном ваздуху, на киселој киши и инсолацији, аеросолима и хемијским загађивачима ваздуха;
- Корозија у течности (у електролитима) која обухвата појаву разарања материјала у директној реакцији са околном средином: водом, растворима киселина, база или соли;
- Подземна корозија која делује на метале укопане у земљу као што су цевоводи, цистерне, носећи стубови и сл. Кад је у питању само земља реч је о електрохемијској корозији, али ако је тло богато водом може настати и микробиолошка корозија (анаеробне бактерије налазе погодне услове за развој, разарају заштитни слој водоника и изазивају јаку локалну корозију челичних делова).

¹ Назив корозија потиче од латинске речи *corrudere* = изглодати, изгристи.

Корозијски процеси се могу такође поделити и према начину деловања на:

- Равномерна корозија;
- Локална корозија;
- Интеркристална корозија;
- Селективна корозија.

Она се још може поделити и према брзини деловања на:

- Линеарна (Брзина корозије је континуална);
- Успорена (Током времена брзина корозије је све мања);
- Убрзана (Током времена брзина корозије је све већа);
- Мешана (Брзина корозије се мења од убрзана до успорене и обрнуто, зависно од фазе у којој се корозија налази);
- Дисконтинуална (Брзина корозије се одвија различитим брзинама у различитим временским интервалима).

2.1 Равномерна корозија

Ову корозију карактеристише оштећење површине материјала које једнолико напредује по читавој површини (слика 2.2а). Губитак материјала напредује до потпуног пропадања конструкције. Према губитку материјала, ово је најзначајнији облик корозије који годишње „однесе“ тоне материјала. [3]



а)



б)

Слика 2.2: а) пример униформна корозија , б) пример природно формиране патине на бакру

Лако је овај вид корозије пратити, мерити и предвидети њено напредовање, због тога, без обзира на наведена својства, овај облик корозије ретко доводи до хаварија. Деловање ове врсте корозије лако је уочити због промена на површини, а контролисати се може једноставном применом катодне заштите или премаза.

Неки материјали (као што су бакар и његове легуре) изложени деловању спољашње средине стварају на површини слојеве (оксиде, сулфиде и карбонате) који чине хомогени филм и штите материјал од даљег продирања корозије, а називамо их патином. [3]

2.2 Локална корозија

За разлику од претходног облика корозије локални облици корозије (на нерђајућим челицима) појављују се изненада, што отежава њихово правовремено откривање и спречавање. У најгорим случајевима могу довести до хаварије готово без губитка масе материјала [2].

Главни фактори који утичу на иницирање овог облика корозије су:

- присуство критичних концентрација агресивних или инхибирајућих медија;
- високи корозијски потенцијал узрокован присутношћу оксидујућих спојева,
- повишена температура;
- подручја стагнације медија;
- хетерогености површине и микроструктуре;
- микробиолошка активност.

Најчешћи облици локалне корозије су:

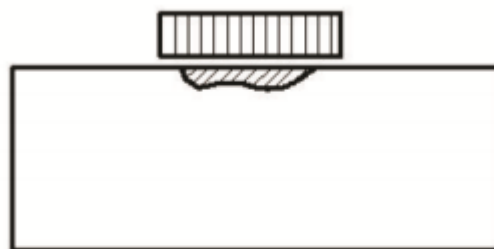
- корозија у зазорима;
- рупичаста;
- међукристална;
- напонска;
- галванска;
- селективна корозија;
- заморна корозија.
- ерозиона корозија

2.2.1 Корозија у зазору

Корозија у зазорима (слика 2.3) јавља се у зазорима и пукотинама конструкције. Овај облик корозије је електрохемијског карактера, а најчешће започиње због:

- нестајања инхибитора у зазору;
- нестајања кисеоника;
- смањења рН вредности медија у пукотини (расте киселост);
- концентрација активних слободних јона.

Подручје зазора постаје локална активна анода у односу на остатак конструкције на којој се пукотина налази. Због активности анодног подручја, може доћи до стварања накупина јона (нпр. хлора) те све интензивнијег отапања метала. Слободни јони накупљају се у пукотини повећавајући електричну водљивост медија [2].



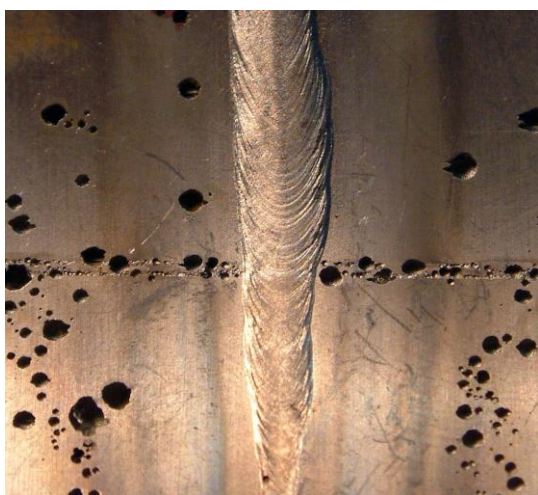
Слика 2.3: Корозија у зазору

2.2.2 Рупичаста корозија (питинг)

Овај тип корозије карактеристише настајање рупица (јамица) и пукотина на површини метала (слика 2.4). Рупице могу бити знатно међусобно удаљене или пак уско збијене стварајући дојам опште корозије. Овај тип корозије могу иницирати:

- локална хемијска или механичка оштећења заштитног пасивног филма на површини метала;
- нехомогености у структури метала;
- локално деловање микроорганизама.

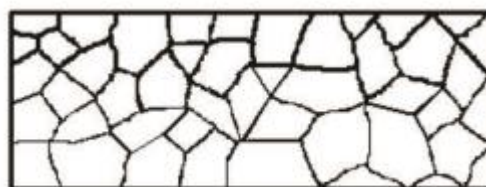
Рупице су често испуњене корозијским продуктима те су стога тешко приметне. Дно рупице представља анодно подручје у односу на остатак метала (катоду), тако да је трошење врло интензивно. Медиј унутар пукотине има смањен износ рН и високи удео јона хлора (посебно изражено у морској води) [2].



Слика 2.4: Рупичаста корозија

2.2.3 Међукристална корозија

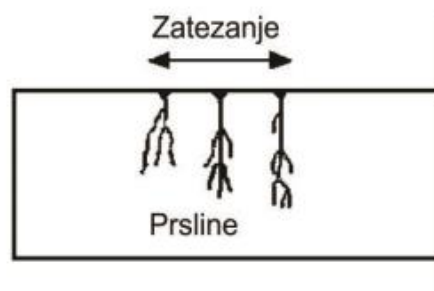
Међукристална корозија (слика 2.5) је процес који се шири дуж граница кристалних зрна материјала са коначним резултатом потпуног разарања структуре материјала. Међукристална корозија може бити спор процес који траје годинама, али коначно доводи до потпуног разарања материјала и пропасти конструкције [2].



Слика 2.5: Међукристална корозија

2.2.4 Напонска корозија

Напонска корозија (слика 2.6) се појављује на оптерећеним металним конструкцијама у корозионој средини. Напрезања метала могу бити експлоатацијска (спољашња) или заостала (унутарња). Заостала напрезања могу бити последица хладног деформисања, неједноликог хлађења након топлотних интервенција (најчешће заваривања), структурних промена, топлотних дилатација и обраде одвајањем честица. Наведена напрезања (унутарња и спољашња) узрокују разарање пасивног заштитног филма на површини метала. Због утицаја корозивног медија долази до транскристалног или пак интеркристалног напредовања корозије. Због слабе уочљивости, овај облик корозије је изузетно опасан. Могуће су хаварије конструкције без значајног, готово никаквог губитка масе материјала [2].



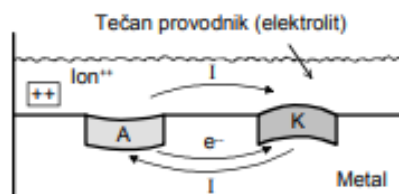
Слика 2.6: Напонска корозија

2.2.5 Галванска (биметална) корозија

Раније наведени облици корозије (изузев напонске) имају сличан начин одвијања процеса кородирања који се најбоље може описати галванском корозијом. Галванска корозија се појављује уколико су два метала различитих потенцијала у контакту те уроњени у течни медиј (електролит). Реч је о електрохемијском процесу у којем главну покретачку силу чини потенцијал између споменутих метала у споју. Брзина и интензитет напредовања корозије директно зависи о разлици електродних потенцијала. Са повећањем разлике потенцијала расте и брзина корозије. Битни фактори за развој и напредовање галванске корозије су :

- заједнички струјни круг;
- заједнички електролит у који су уроњени;
- различити потенцијали површине;
- геометрија делова који се налазе у контакту.

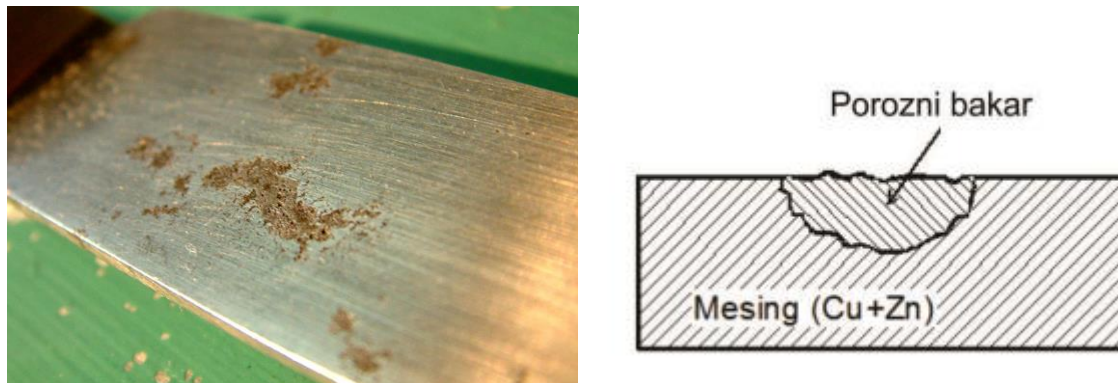
Процес биметалне корозије заснива се на принципу галванског чланка. Протицањем струје неплемени метал (анода) подложен је прогресивном оштећивању док племенитији метал галванског чланка остаје нетакнут. На овом принципу се темеље и методе (активне и пасивне) катодне заштите [2].



Слика 2.7: Галванска корозија

2.2.6 Селективна корозија

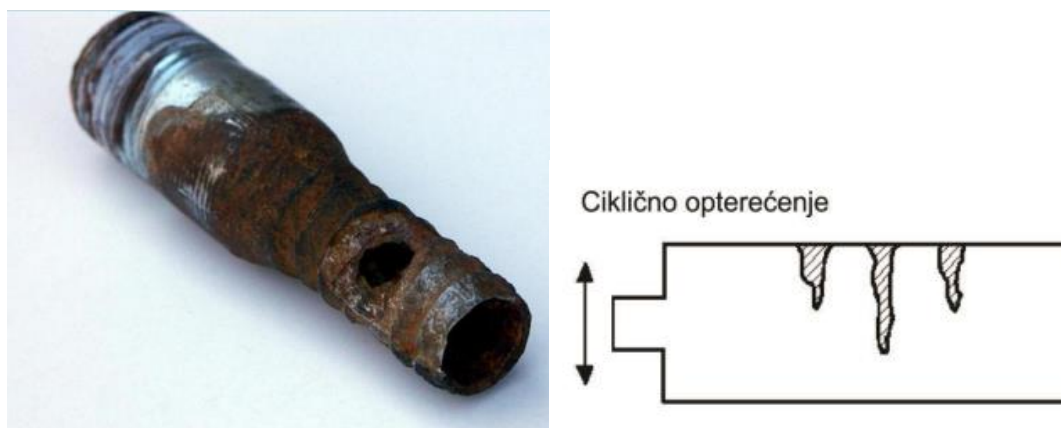
Селективна корозија (слика 2.8) напада једну фазу у двофазним легурама, или само један мање племенит метал у једнофазним легурама типа чврстог раствора. У овом процесу долази до селективног нестајања неплеменитије компоненте (фазе) метала из легуре. Најпознатији пример селективне корозије јесте губитак цинка у месингу [1].



Слика 2.8: Селективна корозија

2.2.7 Заморна корозија

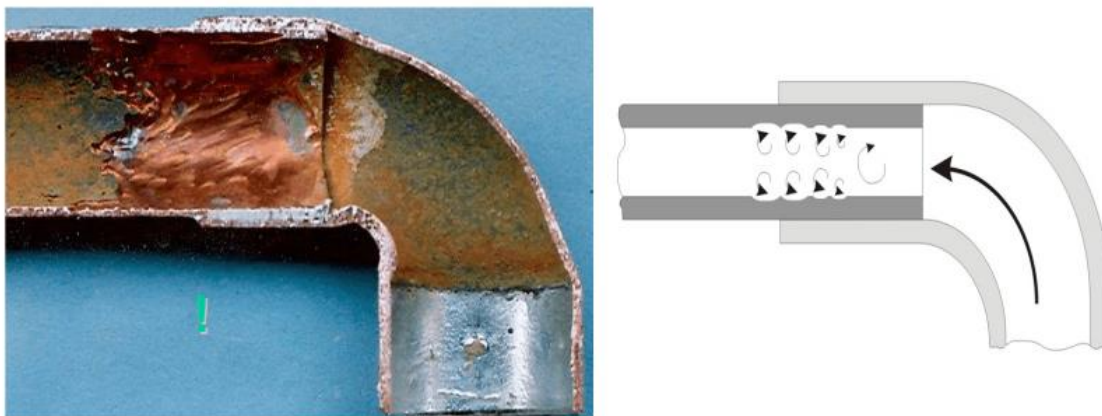
Заморна корозија (Слика 2.9) настаје комбинованим дејством корозионог медијума и цикличних напона. Отпорност метала процењује се на основу односа корозионе заморне јачине у сланој води и нормалне заморне јачине. Тај однос једнак је 0.2 за угљеничне челике, 0.5 за нерђајуће челике и 1 за бакар. Овде треба поменути и ерозиону корозију која настаје при транспорту флуида цевима. Посебно су ерозији изложена колена и рачве у којима се мења правац протока флуида [1].



Слика 2.9: Заморна корозија

2.2.8 Ерозиона корозија

Овај вид корозије (слика 2.10) настаје када је метал изложен механичкој абразији и истовремено корозивној околишној атмосфери. Течности и гасови који теку великом брзином кроз цеви, стварају вртлоге у цевима, узрокујући корозију. Мирујући или споротекући флуид резултираће ниском или умереном појавом корозије, али брзо кретање флуида физички еродира и уклања заштитни слој метала, те открива основни метал деловању корозије. Песак или талог који се накопља појачава ерозију и убрзава корозију. Механички ударци такође узрокују ерозију и оштећују или троше заштитни слој метала.

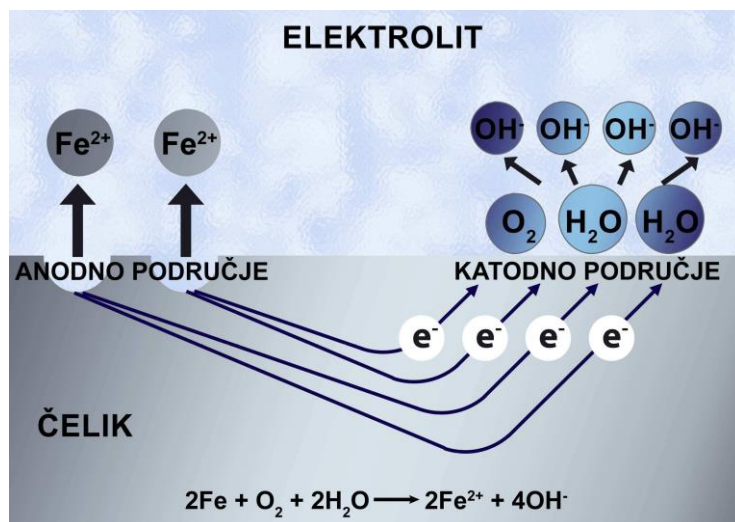


Слика 2.10: Ерозиона корозија

2.3 Електро хемијска корозија

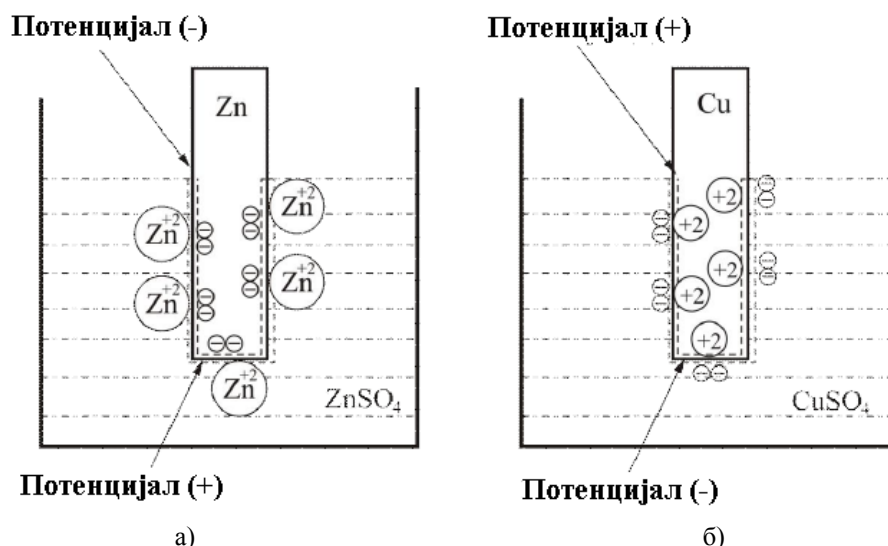
Електрохемијска корозија је најчешћи облик корозије. Више од 95% корозијских оштећења настаје због електрохемијских реакција између метала и околине. Ова врста корозије настаје у течним електролитима тј. воденим растворима киселина, база или соли: последица је електрохемијских појава, сличних деловању галванске ћелије.

Процес се одвија због разлика потенцијала различитих метала или различитих фаза истог метала због којег долази до стварања галванског чланка при чему метални атоми изгубе електроне и постану јони који се одвајају од површине и тако долази до трошења метала (слика 2.11) [2].



Слика 2.11: Механизам електрохемијске корозија у челику

Уколико је метал уроњен у раствор сопствене соли, тј. у раствор који садржи јоне тог метала, у површинским атомима долази до ослобађања валентних електрона. Због емисије електрона стварају се позитивно наелектрисани површински јони који прелазе у раствор, и обрнуто јони из раствора могу прелазити на метал. Уколико је електролитички притисак растварања већи од равнотежног, прелазиће позитивни јони метала у раствор те се површина металне плочице наелектрисава негативним потенцијалом - каже се да се метал раствара (слика 2.12а). У супротном, кад се јони из раствора таложе на плочицу уроњену у електролит, она се наелектрисава позитивним потенцијалом (слика 2.12б) [4].



Слика 2.12: Појава апсолутног потенцијала после зарањања метала у раствор сопствене соли

На граници између метала и електролита се ствара потенцијална разлика, која има одређену вредност за сваки метал и назива се апсолутним електроодним потенцијалом. Ова вредност се не може измерити, јер би се самим мерењем нарушило равнотежно стање. Зато се одређује разлика потенцијала између две електроде различитих материјала, тј. релативни потенцијал. Стандардна електрода за поређење (референтна електрода) зове се водоникова електрода чији се потенцијал узима да је нула. То омогућава да се за различите метале одреди тзв. стандардни електроодни потенцијал, који се дефинише као релативни потенцијал датог метала, уроњеног у раствор своје соли при температури од 25° C, а измерено у односу на водоникову электроду. Овде се термин стандардни потенцијал односи на термодинамичке услове, тј. на притисак $p = 1.01325 \text{ bara}$ и температуру $T = 25^\circ\text{C}$ [4].

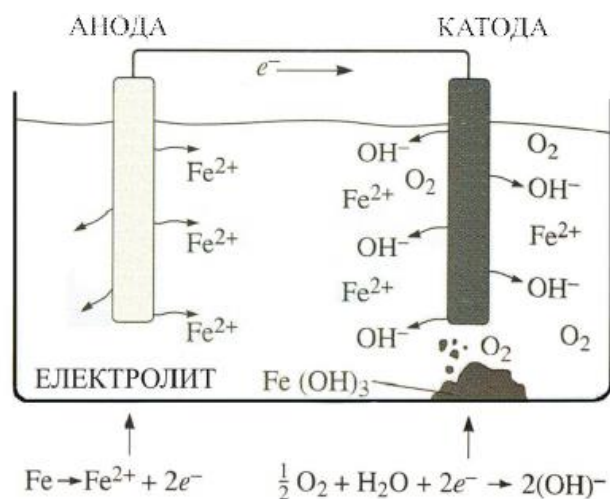
Искључивањем осталих фактора који утичу на корозију, може се закључити да су корозионо мање отпорни метали са негативнијим потенцијалом и стога подложнији нападу електрохемијске корозије. Што је негативнији електрохемијски потенцијал датог метала, он је склонији ка оксидацији и интензивније кородира него метали са мање негативнијим, односно позитивним електрохемијским потенцијалом [4].

2.3.1 Услови под којима долази до почетка електрохемијске корозије

До појаве електрохемијске корозије долази ако се формира:

- галвански пар између различитих метала;
- напонска ћелија због локалних разлика у концентрацији електролита;
- концентрациона ћелија због локалних разлика у хемијском саставу.

Галвански пар, или електрохемијска ћелија, у ствари је струјно коло без спољашњег извора електричне струје. То коло образују: анода, катода, метални контакт, електролит (слика. 2.13). Анода емитује електроне преко металног контакта ка катоди, а позитивни јони са катоде одлазе у електролит. У близини катоде позитивни јони прихватају електроне и стога прелазе у неутралне атоме. Процес траје док се не прекине струјно коло, или док се анода потпуно не истроши.



Слика 2.13: Галвански пар

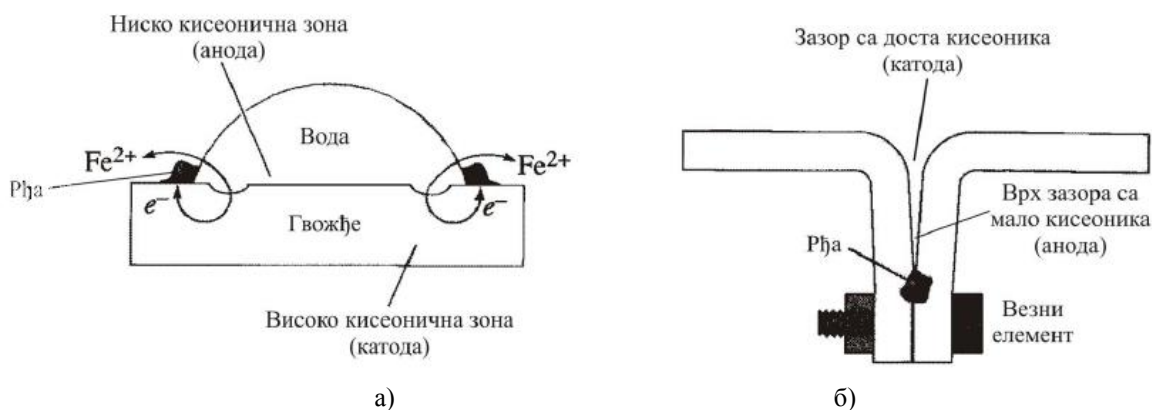
Из описа галванског пара произилази суштина електрохемијске корозије. Код челичних конструкција изложених корозиом, позитивни јони гвожђа одлазе у електролит, и тиме се у ствари са површине челика постепено губи метална компонента. Процес се одржава захваљујући струјном колу успостављеном између аноде и катоде преко спољашњег металног контакта с једне стране и кроз електролит с друге стране. [4].

Напонска ћелија настаје кад метални делови имају заостале напоне различитог нивоа у појединим локацијама. Више напегнуте зоне поседују већу слободну енергију па делују као аноде у односу на мање оптерећене области. На примеру челичне траке савијене на хладно (слика 2.14), зона савијања делује анодно има већу слободну енергију због савијања у односу на недеформисану зону, па ће то место да кородира (напонска корозија) [4].



Слика 2.14: Пример напонске ћелије

Концентрациона ћелија настаје због локалне разлике у концентрацији електролита на појединим деловима металног комада. Разлика може се појавити и због ометеног доспевања кисеоника у поједине делове металног предмета због водене капљице (слика 2.15.а) или спојених металних делова (слика 2.15 б). Корозија настала у овим условима назива се „кисеонични колапс“ [4].



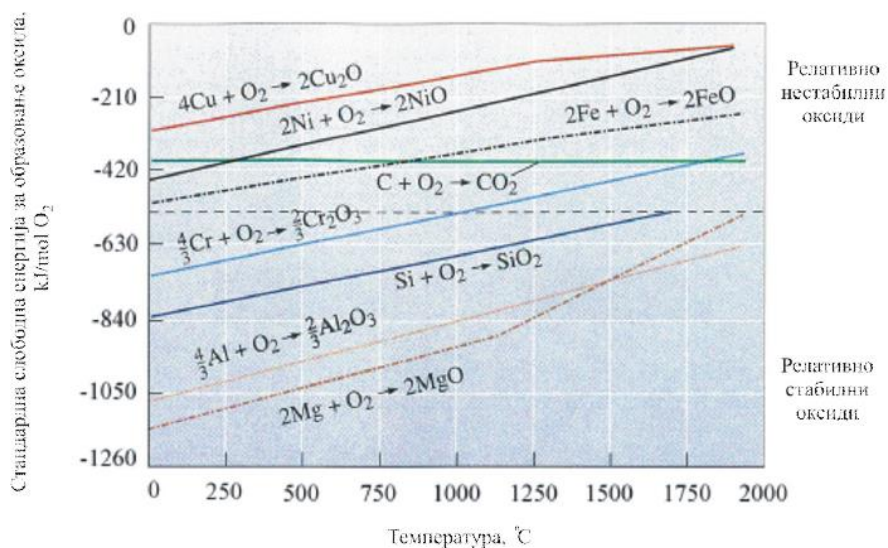
Слика 2.15: Концентрациона ћелија

2.4 Хемијска корозија - оксидација

До хемијске корозије долази при реакцији метала са кисеоником, сувим гасовима и течностима које не проводе електричну струју на повишеним температурама [1]. Кад се каже хемијска корозија углавном се мисли на високотемпературску оксидацију метала и легура. Ове реакције доводе до промене састава, особина или целовитости материјала. Често се појављује у индустријским условима, нпр. при пластичној обради метала или пак на свим површинама машина које се подмазују [2].

Развоју хемијске корозије придонноси и постојање природног афинитета материјала према стварању оксида и сулфида. На површини неких метала формира се само једна врста оксида, као нпр. код алуминијума и титана, док се код гвожђа уочавају три различита оксида. Оксидни површински слојеви веома малих дебљина (до 300 nm) зову се филмови, а дебљи од тога скраме. Код алуминијума се оксидни филм образује на собној температури, а код челика у температурском опсегу 230-320°C, тако што најпре настају оксиди светло-сламaste боје, а потом тамно-плаве. Оксидни слој може бити заштитни или незаштитни у зависности од тога да ли потпуно прекрива површину или је порозан [1].

За техничке метале од посебног је интереса да се установи склоност ка оксидацији, природа формираног оксидног филма и брзина оксидације. Склоност ка оксидацији, тј. зависност слободне енергије оксидације и температуре даје Елингемов дијаграм (слика 2.16).



Слика 2.16: Елингемов дијаграм [4]

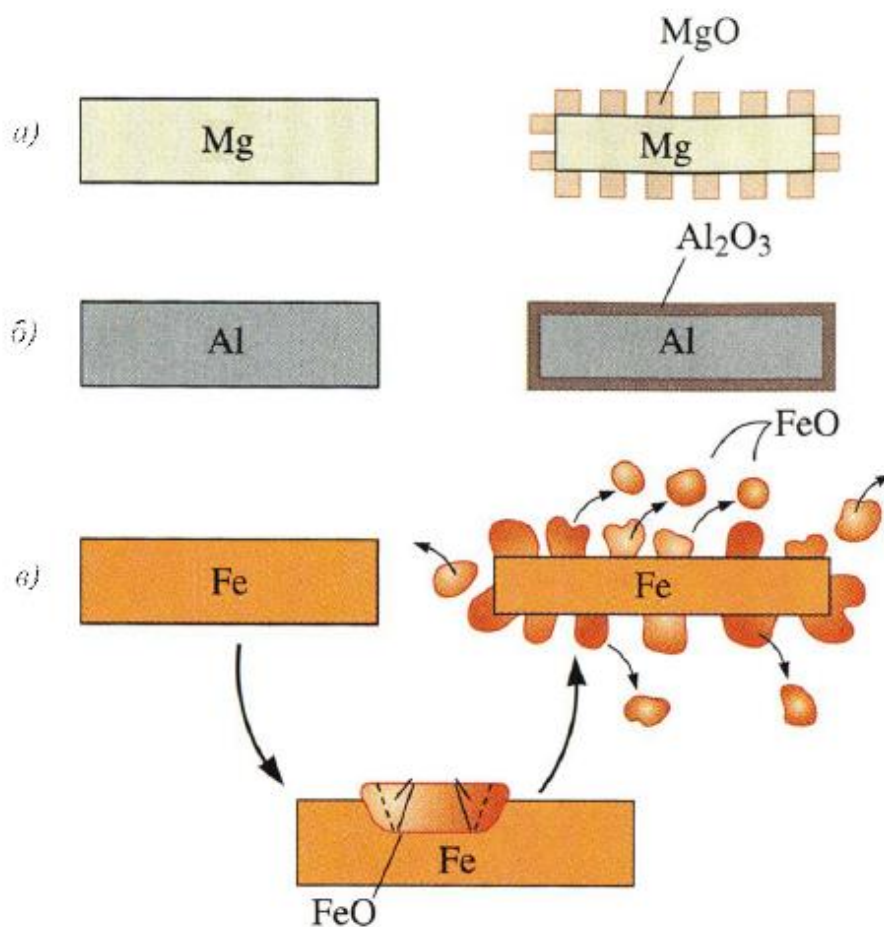
Повећањем температуре расте афинитет те најчешће и брзина кородирања, али само до одређене температурне границе када се смер одвијања реакције мења. Даљим повећањем температуре настали корозијски продукти се поновно распадају на елементе од којих су настали [2].

На дијаграму се види велика склоност ка оксидацији Mg и Al и супротно томе на веома малу тенденцију ка оксидацији никла и бакра. Неметали Si и C и метали Fe и Cr налазе се између наведених екстремних примера [4].

Брзина оксидације зависи од броја атома кисеоника који се хемијски везују за поједине метале:

- Линеарна брзина оксидације $y=kt$ настаје код порозних оксида (као код Mg) (y =дебљина оксидисаног слоја, $k=\text{const.}$);
- Параболички однос $y = \sqrt{kt}$ запажен је код Fe, Cu и Ni, где дифузију јона или електрона омета већ формиран непорозан оксидни слој;
- Логаритамски однос $y = k \cdot \ln(ct + 1)$ уочен је при порасту танког заштитног оксидног филма код Al и Cr (c је константа за одређену температуру, околине и састава).

Три описана типа оксида, који се формирају на неким техничким металима, приказани су на слици 2.17 [4].



Слика 2.17: Врсте оксида зависно од односа специфичне запремине метала и оксида оксидни филм који не штити од корозије [4]

Врста створених оксидних слојева битно утиче на даљи процес корозије. Компактни слој не дозвољава даљи директан приступ корозионог медијума ка чистом металу. Пут позитивних металних јона ка корозионој средини могућ је само дифузијом кроз оксидни слој, те се даље корозија може умањити, ако је он компактан. Слабо приањање слоја, порозност или слој који се круни, умањују заштитну улогу оксидних превлака. Добро пријањање оксидационог слоја још увек не значи да је постигнута трајна заштита. На то још утиче и читав низ унутрашњих и спољашњих фактора, зависних од особина оксидних слојева и од оксидисаног метала [4].

Међу унутрашње чиниоце, који директно утичу на особине оксидних слојева, могу се убројити: физичке особине продуката корозије, стабилност продуката корозије и састав продуката корозије.

Физичке особине оксидних слојева - заштитне особине слоја зависе од његових дифузионих карактеристика, и то како од могућности преноса јона тако и преноса електрона. Са гледишта заштите против корозије значајан је што виши омски отпор слоја.

Стабилност продуката корозије - стабилност неких оксида мења се са температуром.

Састав оксидних слојева - превлака може бити образована од једног оксида или више оксида са различитим особинама. Релативни удео оксида је тада функција температуре.

Међу унутрашње чиниоце, који се односе на оксидисани метал, могу се пре свега убројити: хемијски састав легуре, структура легуре, стање површине метала, процеси унутар метала.

Хемијски састав легуре - помоћу одговарајућих додатака може се утицати на брзину дифузионих процеса, а тиме и на брзину корозије.

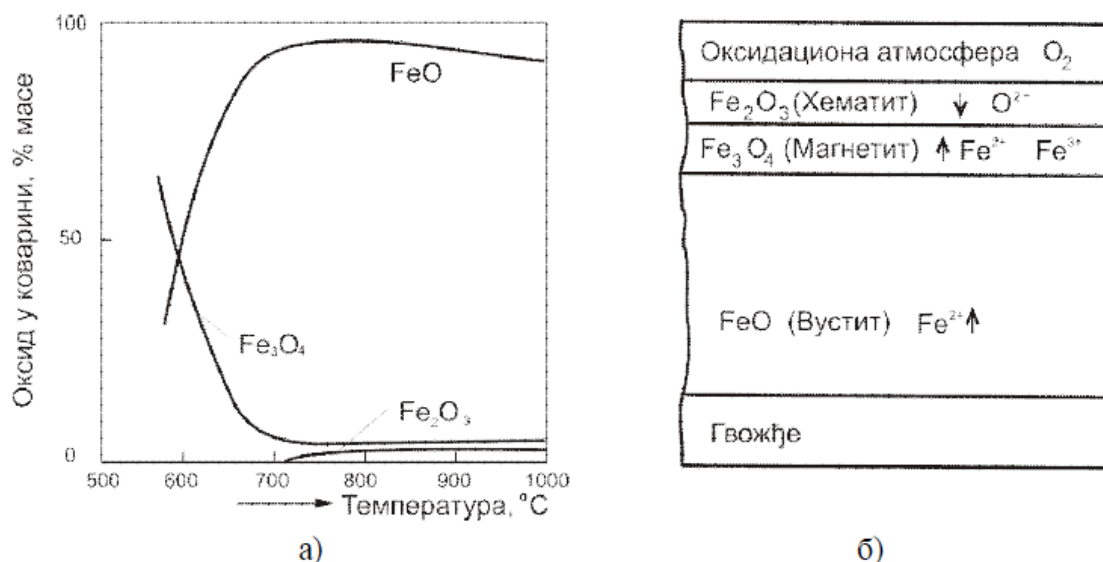
Структура легуре - повољнија је хомогена структура која се може добити одговарајућом термичком обрадом. Негативним се показало присуство неметалних укључака, нарочито потповршинских, који доприносе локалној оксидацији, односно одвијању анодних процеса.

Стање површине метала – полирана површина је отпорнија.

Процеси унутар метала - на повишеним температурама при одређеним условима долази до унутрашње оксидације, при чему испод превлаке настаје оксид који разара превлаку, а количина оксида легирајућих елемената са временом расте параболички. [1].

Спољашњи чиниоци који утичу на отпорност према хемијској корозији јесу температура, притисак и састав корозионе средине.

Температура - има велики утицај на стабилност неких оксида. Најчешће је оксидни слој код челичних делова образован од три различита оксида, а њихов релативни удео зависи од температуре којој је радни предмет изложен (слика 2.18а). Са ове слике се види да са порастом температуре изнад 565°C изразито расте удео FeO на рачун Fe_3O_4 . Позитивни јони Fe и негативан јон O (слика 2.18 б) лакше дифундују кроз FeO него кроз Fe_3O_4 . Пошто удео компактније оксидне превлаке Fe_3O_4 , нагло опада са порастом температуре то се приступ кисеоника олакшава, те ће оксидација гвожђа изнад 565°C бити убрзана. Због тога се нискоугљенични челици не препоручују за дужи рад при температурама изнад 565°C . На високим температурама (преко 700°C), удео оксида FeO и Fe_3O_4 , је готово занемарљив, што значи да је приступ кисеонику на површине челичних предмета отворен [4].



Слика 2.18: Састав оксидног слоја на гвожђу; а) у зависности од температуре, б) у зависности од удаљености од површине при температури вишој од 700°C

Притисак-има незнатан утицај на дебљину превлаке када је реч о атмосферским условима. Ако парцијални притисак падне испод притиска разлагања неког од оксида настаје појава супротна оксидацији - дезоксидација.

Састав корозионе средине - знатно утиче на ток корозије. Промену утицаја средине може изазвати и веома мала промена концентрације њених компонената. Нпр. сребро, које не кородира на ваздуху ни на високим температурама, кородира брзо у средини која садржи H₂S или SO₂.

Поред оксидационе средине корозију могу изазвати и редукујући гасови. Најважнији корозиони редукујући гас јесте водоник. [1].

3. Методе заштита од корозије

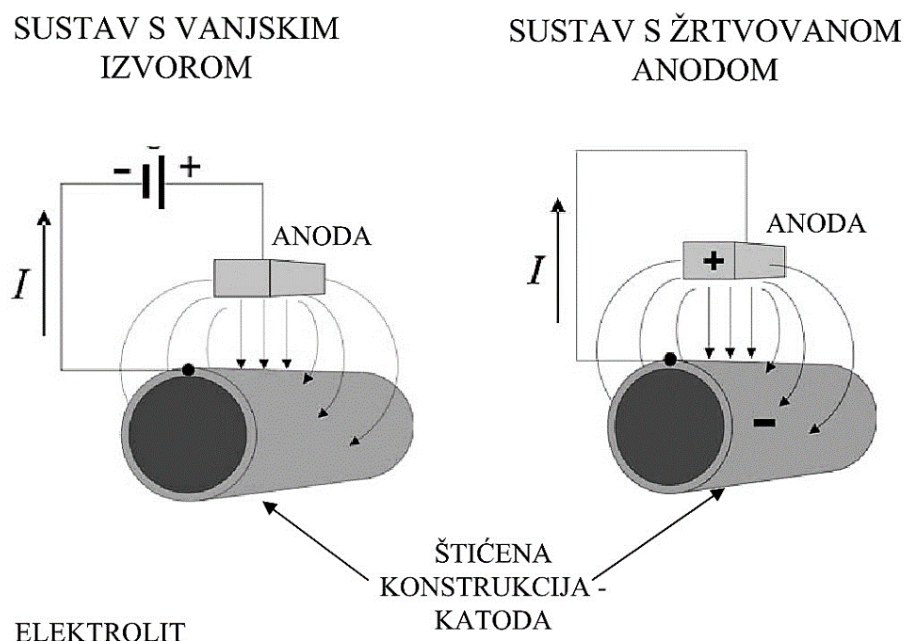
Потпуна заштита метала и легура од корозије је немогућа, али извесне мере се могу предузети како би се ефекат корозије успорио или умањео. Заштита метала и легура од корозије може се остварити коришћењем већег броја различитих метода:

- електрохемијске методе заштите;
- заштиту од корозије обрадом корозионе средине;
- обликовањем и конструкцијским (пројектантским) мерама;
- заштита одабиром корозијски постојаних материјала;
- заштита превлакама.

3.1 Електрохемијске методе заштите од корозије

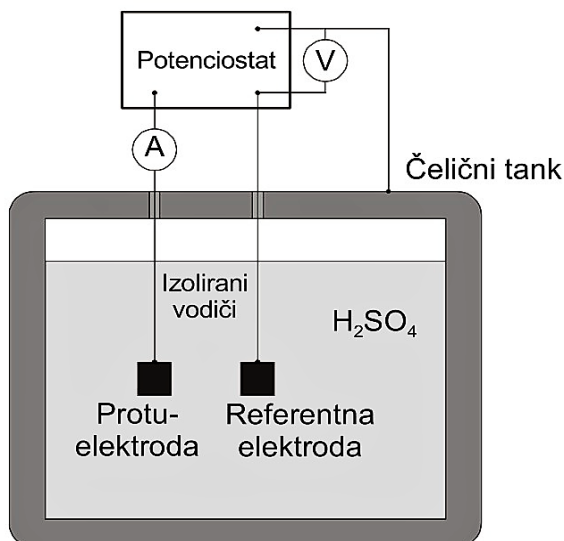
Методе се темеље на томе да се метал одржава у пасивном стању (у подручју потенцијала пасивације) или у имуном стању (при потенцијалима нижим од стационарних) када не кородира. Електрохемијске методе заштите се употребљавају као антикорозивна заштита челичних конструкција првенствено у конструкцијама које су укопане и уроњене (цевоводи, бродови, лучка постројења, резервоари, измењивачи топлине и др.). Зависно од начина поларизације електрохемијска заштита може бити катодна и анодна.

Катодне заштите (слика 3.1) се заснива на успоравању корозије катодном поларизацијом материјала тј. померањем електрохемијског потенцијала метала у негативном смеру. Предности ове методе су независност о извору струје, једноставност уградње, не пречесто контролисање, незнатни утицај на суседне конструкције. Недостаци ове методе су неповратни губитак материјала аноде и потреба за повременим мењањем, загађивање околине од стране продуката корозије аноде, непримењивост у срединама са већим отпором, релативно мале заштитне струје. [5]



Слика 3.1: Катодна заштита [6]

Анодне заштите (слика 3.2) се темељи на успоравању корозије анодним поларизацијом метала тј. померањем електрохемисјког потенцијала метала у позитивном смеру. Добре карактеристике анодне заштите су потребна мала густина струје ($15\text{--}100\text{mA/m}^2$) и смањење брзине корозије чак и до 100 000 пута, али због својих ограничења с обзиром на склоност метала пасивизацији и скупе инсталације не употребљава се често. [5]



Слика 3.2: Анодна заштита [6]

3.2 Заштита од корозије обрадом корозионе средине

Смањење утицаја околне средине која процес стварања корозије може се извести на два начина:

- уклањањем активатора корозије из агресивне средине;
- увођењем инхибитора корозије у агресивну средину.

Активатори корозије и састојци који повећавају агресивност корозивне средине могу се уклонити на више начина: неутрализацијом киселина, уклањањем кисеоника из воде, уклањањем соли из воде, снижењем релативне влажности ваздуха, уклањањем чврстих честица.

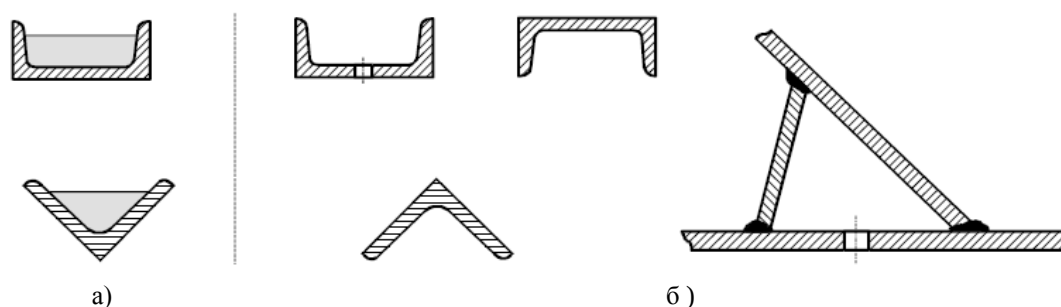
Инхибитори су супстанце анодног или катодног порекла које у врло малим концентрацијама смањују брзину корозије до технолошки прихватљивих вредности. Према механизму деловања деле се на: анодне, катодне и мешовите. Анодни инхибитори спречавају јонизацију метала односно на анодним местима стварају филмове оксида или слабо топљивих соли и тако чине баријеру коју изолују темељни метал. Катодни инхибитори заустављају катодну реакцију (редукцију кисеоника или водоника) или делују као таложни инхибитори стварајући на локалним катодама нетопљиве продукте. Мешовите инхибиторе чине органска једињења која теже гомилању на металној површини.

Ове методе примењују се највише за заштиту измењивача топлоте, парних котлова, кондензатора, када за декапирање, разних цистерни намењених за транспорт разних агресивних раствора.

Предности ове методе су: дуготрајна заштита од корозије и у екстремним условима, у већини случајева није потребно уклањање средстава пре склапања, инсталације или примене, није потребна посебна или дуготрајна припрема површина пре примене заштитног средства, делују и на неприступачним местима која су средишта појаве јаке корозије, делотворни су у спречавању галванске и рупичасте корозије [5].

3.3 Конструкцијске мере заштите

Многе корозионе процесе, могуће је уклонити или барем успорити правилним обликовањем челичних конструкција, разним пројектантским решењима и технологијом израде. Овим мерама се може знатно утицати на корозију у процепу, галванску корозију, ерозијску и напонску корозију. Код конструисања је препоручљиво придржавати се следећих смерница: заварени спојеви ако су добро изведени имају предност над предњим завртњима и закивним спојевима, код којих је честа појава корозије у процепу, конструкцију треба обликовати тако да се на њој не задржава вода (слика 3.3), односно треба осигурати отицање воде, код конструкције треба бирати материјале који су корозијски што отпорнији у предвиђеним условима, материјали за заштитке, паковање, топлотну, електричну и звучну изолацију не смеју садржати агресивне састојке и не смеју апсорбоавти воду, резервоари треба да се конструишу тако да се лако чисте и празне, и пројектантским решењима треба да се осигура ефикасно, једноставно и јефтино одржавање, осигурати да се компоненте у саставу код којих се очекује бржа корозија могу лако и једноставно заменити, избегавати механичка напрезања због смањења опасности од напонске корозије, избегавати оштре завоје у цевоводним деловима ради смањења опасности од ерозијске корозије, избегавати додир различитих метала удаљених у галванском низу ради спречавања галванске корозије, избегавати локална интензивна загревања јер се корозија пуно убразава порастом температуре, избегавати контакт са агресивним честицама кад год је то могуће, избегавати сваку хетерогеност (локална напрезања, температурне разлике места где се скупља влага и сл.) [5].



Слика 3.3: Примери а) неправилних и б) правилних конструктивних решења из аспекта заштите од корозије [2]

3.4 Заштита одабиром корозијски постојаних материјала

При пројектовању неке конструкције, треба узети у обзир све чиниоце од којих ће зависити њена трајност и употребна вредност. Конструкција треба током предвиђеног времена употребе задржати своја хемијска и физичка својства. При пројектовању треба користити материјале и конструкцијска решења којима ће се осигурати технолошка употребљивост и економска оправданост. Применом корозијски постојаних материјала настоји се смањити афинитет ка настајању корозије. Избор одговарајућег материјала зависи од бројних фактора као што су механичка својства, очекивани век трајања, естетски изглед, корозијска постојаност и цена.

Најчешће примењивани корозијски постојани материјали су:

- полимерни материјали и њихови композити;
- титанијум и његове легуре;
- алуминијум и његове легуре нпр. технички чисти Al, Al-Mg, Al-Mn, Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu;
- бакар и његове легуре;
- никал и његове легуре - Ni-Cu (Monel), Ni-Mo (Hasteloy);
- племенити метали или легуре - Ag, Au, Pt, Zr, Ta;

- високолегирани племенити челици и ливено гвожђе - феритни, аустенитни, мартензитни, дуплеци челици и ливови, легуре челика;
- порцулан;
- стакло;
- бетон;
- емајл;
- техничка керамика;
- графитни (угљенични) материјали.

3.5 Заштитне превлаке

Наношење превлака на површину челичних конструкција најраширенија је метода заштите од корозије. Притом је потребно осигурати такву технологију која омогућује довољну постојаност саме превлаке, њену трајност и поузданост. Заштитне превлаке можемо поделити на:

- Органске превлаке;
- Неорганске превлаке;
- Металне превлаке.

Органске превлаке делују тако што спречавају да влага, ваздух или друге материје продру у основни метал. Пошто се ове превлаке разарају на повишеним температурама, могу се употребљавати само за делове који раде на собним температурама. Органске материје за превлаке су: боје, лакови, адхезионе пластичне масе, катран, маст и уље. Пре наношења превлака потребно је површине добро очистити: одмашћивањем, прањем, електролитичким чишћењем, пескарењем итд [2].

Неорганске превлаке се деле на: стакласте, смоласте или емајлне. Оне у ствари представљају баријеру између околне средине иштићеног предмета. Осим горе наведених материјала, употребљавају се за унутрашњу заштиту и облоге које могу бити: керамичке, пластичне, гумене, дрвене или графитне [2].

Металне превлаке наносе се различитим методама (физичким или хемијским поступцима, метализације и платирања). Методе наношење могу бити галванизацијом (електроплатирањем), врућим урањањем и врућим прскањем [2].

4. Технологије наношења заштитних превлака пластификацијом

Пластификација је савремени вид површинске антикорозивне заштите метала и постиже се поступком електростатичког бојења прахом, уз обавезну претходну припрему површине. И последњих година представља најзначајнију методу завршне обраде. Производ заштићен на овај начин има одличне карактеристике у погледу отпорности на корозију и ударе. Пластификација се због могућности избора широког спектра боја као и декоративног изгледа најчешће користи за заштиту делова у грађевинарству [7].

Предности пластификације су:

- Веома повољна метода заштите металних површина;
- Велика отпорност на механичке утицаје;
- Висока заштита од корозије;
- Отпорност на временске утицаје природе;
- Велики избор боја;
- Добра изолациона својства.

Наношења органских превлака пластификацијом спроводи се кроз следеће фазе:

- површинска припрема;
- покретање и позиционирање пиштоља;
- електростатичко наношење праха;
- враћање вишка праха;
- печење праха.

4.1 Материјали за пластификацију

За пластификацију се користи материјал у виду праха то су обично боје (слика 4.1). Боје у праху за пластификацију метала су еколошки прихватљиво решење које нуди супериорне перформансе за наношења која захтевају максималну отпорност на хабање и тврдоћу. Боја у праху је распршени вишекомпонентни систем, који се састоји од чврстих честица у облику праха и зрака. Прах је у води нерастворна супстанца, без карактеристичне боје и мириса. У овај фини прах се додају разне нечистоће, које помажу да добијете жељену нијансу.

Састав прашкасте композиције укључује учвршћиваче, смоле за формирање филма, пунила, пигменте и циљане адитиве. Грануларност праха је отприлике 10-100 микрометара, а главна предност употребе такве боје је да нема потребе за употребом растварача. Боје у праху користе се за бојење неметалних и метал површина. Погодни су за бојење микровалова, фрижидера и других кућних апарата, спортске опреме, намјештаја, опреме за освету и ваљаног метала. Користе се и у аутомобилској индустрији приликом фарбања аутомобилских склопова, декоративних елемената и делова машина [13].



Слика 4.1: Ппашкасти материјал уа пластификацију

Постоје две велике категорије прашкастих боја, у зависности од формирања филма:

- термопластика;
- термостабилност.

Боја прве групе, израђена на бази термопластичних агенса за формирање филма, је способна да формира премаз на деловима без хемијских трансформација, услед фузије честица и процеса топљења хлађења. Филмови који се добију од њих су често топљиви. Ова група укључује прашкасту боју на бази поливинил бутирал, полиамида, поливинил хлорида и полиетилена.

Друга група боја за прах је термореактивна супстанца направљена на бази термореактивног филма. Такве превлаке настају услед спајања честица и будућих хемијских реакција. Они нису топљиви и топљиви. Прашкасте боје које се израђују на бази полиестерске и епоксидне смоле, полиуретана и акрилата сврставају се у ову групу. Супстанце у овој категорији су одличне за фарбање производа који се производе у области инжењеринга.

Ове две групе се разликују по својим својствима и начину формирања заштитних слојева:

Боје термопластичног праха. Заштитни премази који формирају ову врсту боје настају када се честице растале, без учешћа хемијских реакција. У процесу њиховог формирања не долази до хемијских трансформација. Одлична заштита од корозије су премази од полиетера на полиетиленској или полипропиленској бази, ПВЦ-у, итд.

Боје за пудер у праху. Њихова улога је термостабилна. Приликом стварања премаза, честице праха се стапају, стварајући хемијску реакцију. Материјали за термосетирање су на бази полиестерских смола, акрилата или полиуретана. Овај премаз се не топи, има отпорност на раствараче, корозију. Сличне боје се активно користе приликом фарбања аутомобила. Потребни су материјали на бази епоксида са великом адхезијом и отпорношћу на механичка оштећења. Епоксидно-полиестерски премази избјегавају жуту боју, а боје на полиуретанској бази стварају премаз са сјајном свиленастом површином. [13].

4.2 Површинска припрема материјала за пластификацију

Уколико је површина метала лоше очишћена, наношење заштитне превлаке неће бити успешно, што доводи до проблема у експлоатацији производа. Зато је од велике важности добро приремити и очистити површину од нечистоћа. Нечистоће се могу поделити на две основне групе:

- чврсти оксидни и слани слојеви нечистоћа (корозија, продукти нагризања метала киселином и слично) који се образују у процесу производње;
- масни, уљни и емулзиони слојеви који се наносе специјално при одмазивању, ваљању челика, пресовању и подмазивању.

При избору начина чишћења површине неопходно је имати у виду природу нечистоћа, њихова својства, степен запрањаности итд. Методе припреме површина можемо поделити на:

- механичке (пескарење, у бубњевима, брушење);
- хемијске и електрохемијске (ручно одмашћивање, потапањем и прскање растварачима);
- ултразвучне (ултразвучни уређаји);
- уклањање оксидног слоја (нагризање, декапирање) [7].

4.3 Покретање и позиционирање пиштоља

Постоји велики број уређаја за померање и монтирање пиштоља који су на располагању у системима за пластификацију. У зависности од сложености, могу се покретати: ручно (ручни пиштољи), аутоматски (осцилатори, веглери, реципрокатори, роботи) (пиштољи код машина са више степени слободе), могу бити и непокретни (статични) [7].

Код ручног наношење праха (слика 4.2) се изводи путем ручног пиштоља, односно главну улогу има радник. Овај начин наношења праха се користи у мањим радионицама где не постоје захтеви за великом продукцијом [7].



Слика 4.2: Ручно наношење праха

Код аутоматског покретања и позиционирања пиштоља наношење праха на радни комад се врши путем аутоматских уређаја, тако да је људски фактор сведен на минимум. У ове уређаје спадају:

- осцилатори;
- веглери (радијални осцилатори);
- реципрокатори;
- роботи.

Код осцилатора (слика 4.3), пиштољи су постављени у вертикалном или хоризонталном правцу, ипак се пиштољи покрећу горе и доле и тако обезбеђују униформније и шире подручје на које се наноси боја у праху.



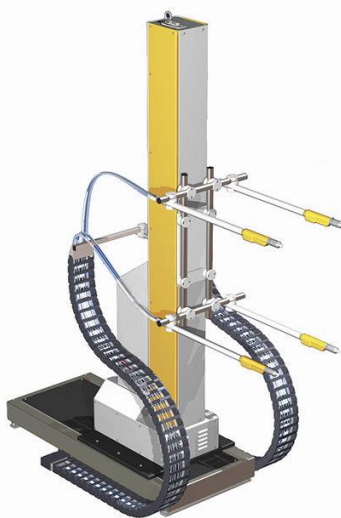
Слика 4.3: Осцилатор

Радијални осцилатор или веглер (слика 4.4). користи радијално кретање за померање пиштоља. Користи се исти принцип преносног механизма као у претходном случају. Кретање се преноси помоћу две вертикалне шипке. Једна од њих се креће горе-доле док је друга непокретна. Пиштољи, постављени у вертикалном распореду, везани су једним крајем за вертикалну шипку, док се обрћу око једне тачке на непокретној шипци, остварују лучно кретање [7].



Слика 4.4: Радијални осцилатор (веглер)

Реципрокатори (слика 4.5) остварују вертикално кретање пиштоља помоћу повратног или наизменичног погона. Они су веома флексибилни са становишта регулације дужине кретања, која се може подешавати у интервалу од 40 cm до 360 cm, и брзине тог истог кретања која се може подешавати у интервалу од 8 до 60 циклуса у минути (један циклус представља ход пиштоља од доње границе до горње границе и назад). Брзина и дужина кретања се може подешавати за време рада уређаја, чиме га чине прилагодљивим за широк спектар различитих намена. Код најсложенијих реципрокатора могуће је још коришћење пауза и подешавања брзине кретања пиштоља у току једног циклуса. Пиштољи се могу поставити у вертикалном, хоризонталном или комбиниваном распореду са јединим ограничењем колико пиштоља машина може да носи [7].



Слика 4.5: Реципрокатори

Најсложенији и најаутоматизованији уређаји за покретање пиштоља су роботи (слика 4.6). Обично се користе у масовној производњи и код сложених делова. Постоје два типа робота у употреби: хидраулични и електрични. У оба случаја кретање робота се прати путем централног контролера, а програмира се на основу геометрије радног комада. При монтажи робота на подлогу ове границе се могу повећати допуштењем позиционирања напред–назад и праћењем комада читавим уређајем. Пиштољи за употребу на роботима могу бити монтирани појединачно или у тандему (двоглави пиштољи) и једино ограничење је носивост „руке“ робота [7].



Слика 4.6: Роботска „рука“

Најједноставнији начин јесте монтирање пиштоља на непокретни носач. Пиштољи се у зависности од захтева распоређују у вертикалним или хоризонталним правцима. Сваки пиштољ, или група пиштоља, се усмерава ка одређеном месту комада који се пластифицира са оптималним обликом распршивања. Само постоље може се померати напред или назад ради одржавања сталног растојања између пиштоља и радног предмета, ипак не постоји померање самих пиштоља. Одржавање овог сталног растојања обезбеђује бољу контролу дебљине филма и степена корисности при првом пролазу. Због ограничења у величини распршеног облака, овај систем типично захтева већи број пиштоља, за пластификарање комада дате висине, од претходних начина где је пиштољ покретан [7].

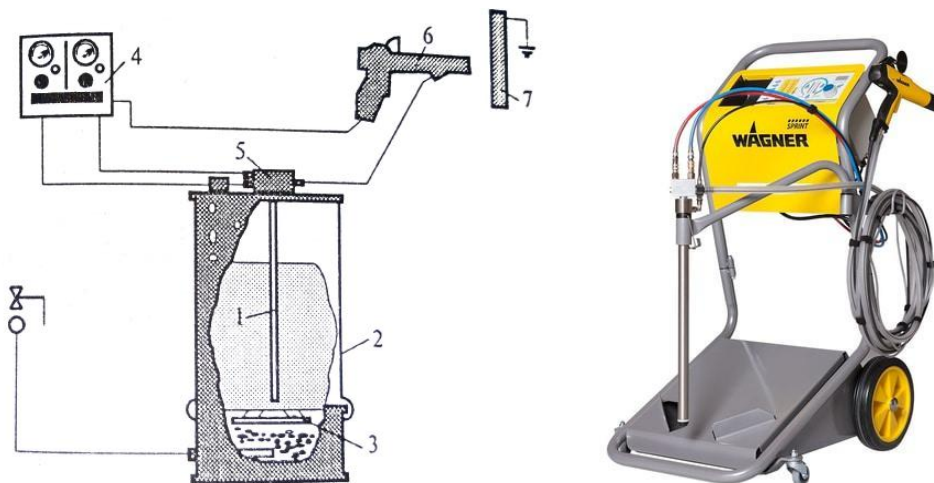
4.4 Наношење праха

Пластифицирање неког предмета се обавља или електростатичким наношењем (распршивањем), урањањем истог у наелектрисану или ненаелектрисану флуидизирану комору (мисли се на комору испуњену флуидизираним прахом) или наношењем помоћу пламена. Како је електростатичко распршивање много прилагодљивије и омогућава бољу контролу дебљине филма, постало је главни метод примене боја у праху у завршној обради. Из тог разлога, ово поглавље пружа темељно образлагање технологије електростатичког наношења са прегледом осталих посебних метода примене.

Наношење праха се одвија кроз следеће фазе:

- складиштење праха (резервоари са флуидизацијом, вибрациони резервоари, гравитациони резервоари);
- флуидизација праха (помоћу компримованог ваздуха);
- транспорт праха (Вентуријева цев);
- наелектрисање (корона пиштољ, трибо пиштољ).

Процес електростатичког наношења боје у праху обично почиње флуидизацијом, поступком где се прах који треба да се распршује меша са ваздухом под притиском тако да би могао да се "испумпа" (извуче) и доведе до пиштоља за распршивање. Прах доведен до пиштоља се потом наелектрише коришћењем „корона“ или „трибо“ поступка (слика 4.7) [7].



Слика 4.7: Опрема за пластификацију

1-усисна цев, 2-резервоар за флуидизацију, 3-плата од ситне бронзе, 4-управљачка јединица, 5-пумпа, 6-пиштољ, 7-уземљење [7].

4.4.1 Складиштење праха

Резервоар је посуда у којој се прах складишти и припрема за транспорт до пиштоља. Обично су израђени од нерђајућег челика, алуминијума или заштићеног челичног лима и, различитих су величина и облика. Капацитети резервоара се крећу од 1,5 kg (намењени за лабораторијска испитивања) до 300 kg (намењени за велике производне системе).

Облик самог резервоара зависно од начина припреме праха и од потребе што лакшег чишћења. Резервоаре можемо поделити на оне са флуидизацијом, вибрационе и гравитационе. Ова три начина могу да се користе појединачно или комбиновано, а све са циљем постизања најефикаснијег транспорта праха [7].

Резервоари са флуидизацијом су најчешће коришћени типови, посебно код већих система. Принцип флуидизације ће обезбедити да прах буде спреман за пумпање до пиштоља. Флуидизирајућа мембрана је постављена на дно резервоара, а прах се у њега сипа одозго или са стране. Мембрана треба да је сигурно учвршћења и херметизована, али мора се лако мењати, због одржавања и чишћења. Могу се користити вибратори, механички покретачи или мешалице у спрези са флуидизацијом због помоћи код случајева где се сама флуидизација тешко изводи. Код резервоара великог капацитета може постојати отвор за пражњење због избацивања неискоришћеног праха при потреби мењања праха. Показивачи нивоа служе за контролисање количине праха у резервоару, тиме се смањују ризик од нестанка праха док је пластифицирање у току [7].

Вибрациони резервоари омогућавају директни транспорт праха из резервоара. Они су погодни за употребу у мањим радионицама или при пластификацији малог броја предмета. Униформност (једноликост) транспорта праха мањи је него код резервоара са флуидизацијом, припрема праха се може одвијати са довојном униформношћу при употреби ручних пиштоља.

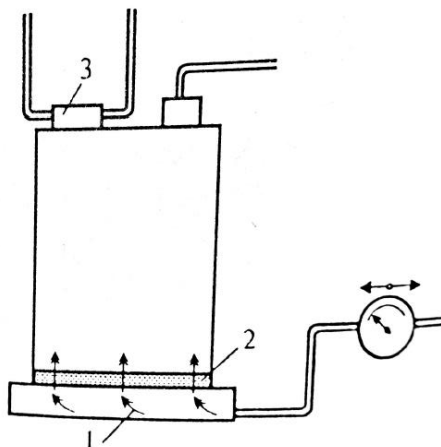
Гравитациони резервоари су обично коничног изгледа. Овакав облик ће „усмеравати” прах ка пумпи постављеној на дну левка. Обично, овакви резервоари се користе у комбинацији са вибратором или покретачем ради обезбеђења равномерног тока праха до пумпе. Мање варијанте оваквих резервоара су монтиране на пиштоље за демонстрацију или лабораторијске потребе.

Код ове врсте резервоара није потребна флуидизација помоћу ваздуха под притиском. Ови механичко-гравитациони уређаји могу обезбедити бољи транспорт прахова веће густине и погоднији су за рад са малим бројем комада.

4.4.2 Флуидизација праха

Намена флуидизације у контексту електростатичког наношења је двострука. Прво, она омогућава лак транспорт праха од резервоара до пиштоља са високим степеном униформности и конзистентности. Друго, флуидизација служи да разбије грудве праха путем одстрањивања влаге, побољшањем манипулисања и растресањем истог.

При флуидизацији, дно резервоара је порозно, кроз које се ваздух уводи у прах из околине. Ово порозно дно се назива плоча за флуидизацију или флуидизирајућа мембрана. Како ваздух пролази на горе кроз прах, поједине честице почињу да лебде у ваздушној струји. Тада се за прах каже да је флуидизиран и такав прах понаша се као течност и може се пумпати (слика 4.8).



Слика 4.8: Поступак флуидизације 1-ваздух, 2- плоча од ситне бронзе, 3- пумпа [7].

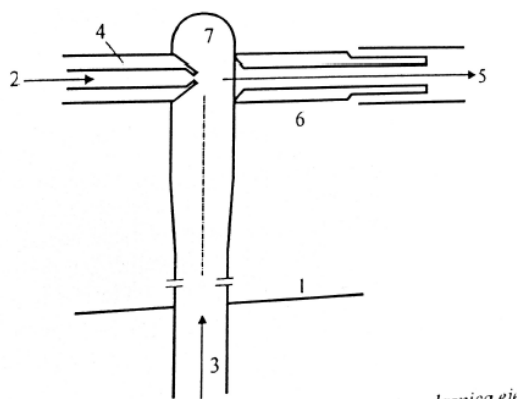
4.4.3 Транспорт праха

Пумпа за прах, такође названа ињектор или вентури пумпа, има улогу испоруке праха до средства за наношење у контролисаној, сталној и једноукој струји. Завршни квалитет зависи од квалитета струјања, што значи да је пумпа важна компонента у систему пластификације. Већина пумпи за прах ради на принципу вентури цеви која користи ваздух под притиском за прављење одређеног потпритиска који усисава прах у пумпу и потом за транспорт праха до пиштоља.

Пумпа (слика 4.9) ради путем проласка ваздуха под притиском кроз мали отвор млазника ејектора до коморе пумпе. Ова ваздушна струја велике брзине, пролази кроз врх усисне цеви која повезује пумпу са прахом. Како ваздух улази у комору (услед експанзије) ствара се зона потпритиска чиме се у комори ствара делимични вакум. Вакум изазива усисавање праха у комору, где се он меша са ваздушном струјом и усмерава у излазно црево.

Овај једноставни процес помоћу ваздуха под притиском је типичан и користи се у великој мери за транспорт свежег и повратног праха.

За потребе контролисања и регулисања довода праха до пиштоља у пумпу се уводи још једна ваздушна струја (дифузна). Ова струја се доводи до излазног дела пумпе и користи се да регулише запремински проток или брзину струјања кроз црево. Пажљивим подешавањем ова два струјања може се спречи појава „таласања“ и „пљуцкања“ на пиштољу.



Слика 4.9: Пумпа за прах 1-ниво праг, 2-довод ваздуха, 3-усисна цев, 4-млазни ејектор, 5-излазно црево, 6-вентури цев, 7-комора пумпе [7].

4.4.4 Наелектрисање праха

Процес електростатичког наношења праха зависи од ефикасности преношења електрицитета на појединачне честице праха. Две основне методе наелектрисавања су: корона и трибо ефекат.

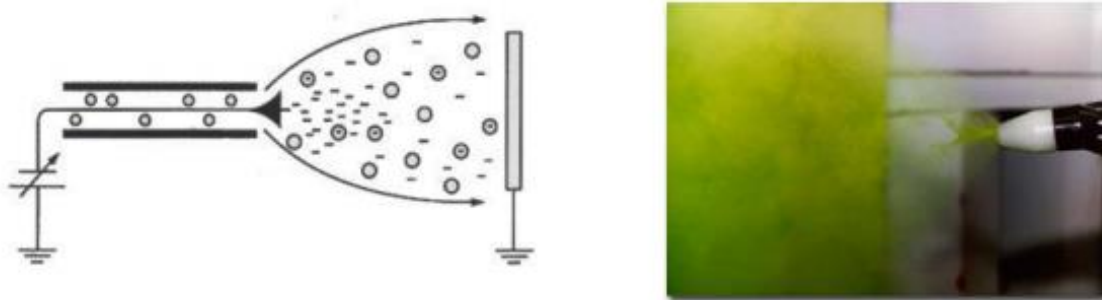
Корона ефекат

Систем за генерисање високог напона се користи код уређаја за наелектрисавање "корона" ефектом стварањем електростатичког поља. Електрони се преносе до или одузимају од честица праха путем јона из ваздуха. Са друге стране, код трибо начина наелектрисавања електрони се преносе директним физичким додиром са површином честице. У оба случаја хемијски састав површине честице треба да је прилагођен оном начину наелектрисавања који се користи.

Корона наелектрисавање (слика 4.10) је вишестепени процес који започиње са формирањем електростатичког поља између пиштоља и земље (уземљења). Поље се дефинише као сила путем које се истоимене честице међусобно одбијају, а разноимене међусобно привлаче. Ово подручје сила (поље) се симболички представља линијама поља које приказују интензитет и смер сила у електричном пољу.

Како је електрода веома наелектрисана и веома мала, поље у њеној околини је концентрисано. Јачина тог поља је довољна да „натера“ одређени број електрона да напусте молекуле кисеоника и азота од којих је састављен ваздух. Тако се формира посебан облик хладне плазме познате као корона пражњење. Корона је подручје у околини врха (шиљка) електроде.

Веома је важна природа проводљивости ове зоне. Она омогућава слободним електронима да се крећу од електроде ка околном ваздуху у случају негативне короне или ка електроди у случају позитивне короне. Корона представља "пролаз" кроз који тече струја наелектрисавања. [7].



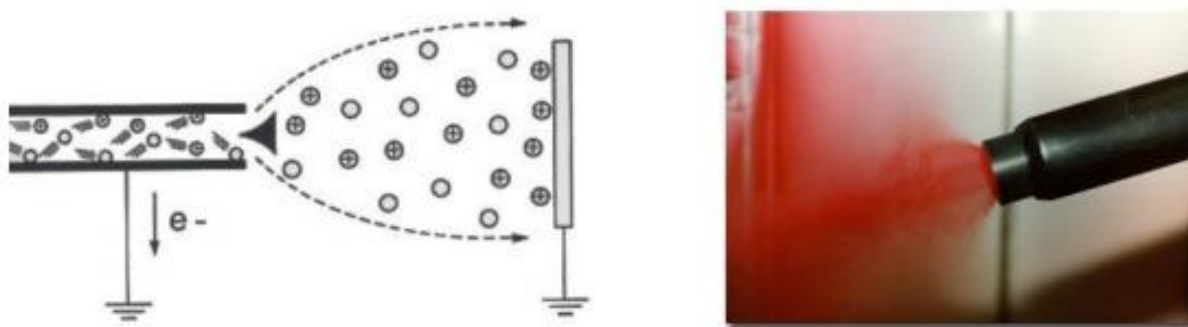
Слика 4.10: Корона ефекат [9].

Код негативно поларизоване короне, електрони се одбијају од електроде (као што се одбијају међусобно) и испуњавају ваздух у околини електроде где се сударају са молекулама кисеоника. Резултат појединих судара је стварање негативних јона кисеоника. Негативни јон кисеоника, пошто носи наелектрисање, бива изложен дејству електростатичког поља те ће пратити линије сила овог поља. При удару у честицу праха, јон јој предаје свој електрон. Процес код позитивно поларизоване короне је сличан овоме, само је носилац наелектрисања јон „азота“, и при судару он узима електрон од даваоца тј. честице праха. Мада се најчешће користи „негативна“ корона, у неким случајевима је погодније користити „позитивну“ корону. Ово из разлога што неке врсте боја у праху много лакше „примају“ позитивно наелектрисање (тј. одају електроне) и, због тога, већина произвођача опреме испоручује овакву врсту пиштоља, ако се захтева. [7].

Трибо ефекат

Код ове врсте, електрицитет се ствара трењем (трљањем једног материјала о други). Код пиштоља са трибо ефектом честице праха се трља о површину посебног састава и облика, која омогућава прелаз електрицитета између честица и ње.

Физичко тумачење трибо ефекта (слика 4.11) заснива се на идеји да при трењу неке материје лако одају електроне, док их друге лако примају. Ако се материјал који је добар донор трља о онај који је добар акцептор, доћи ће до размене електрона и појаве наелектрисавања.



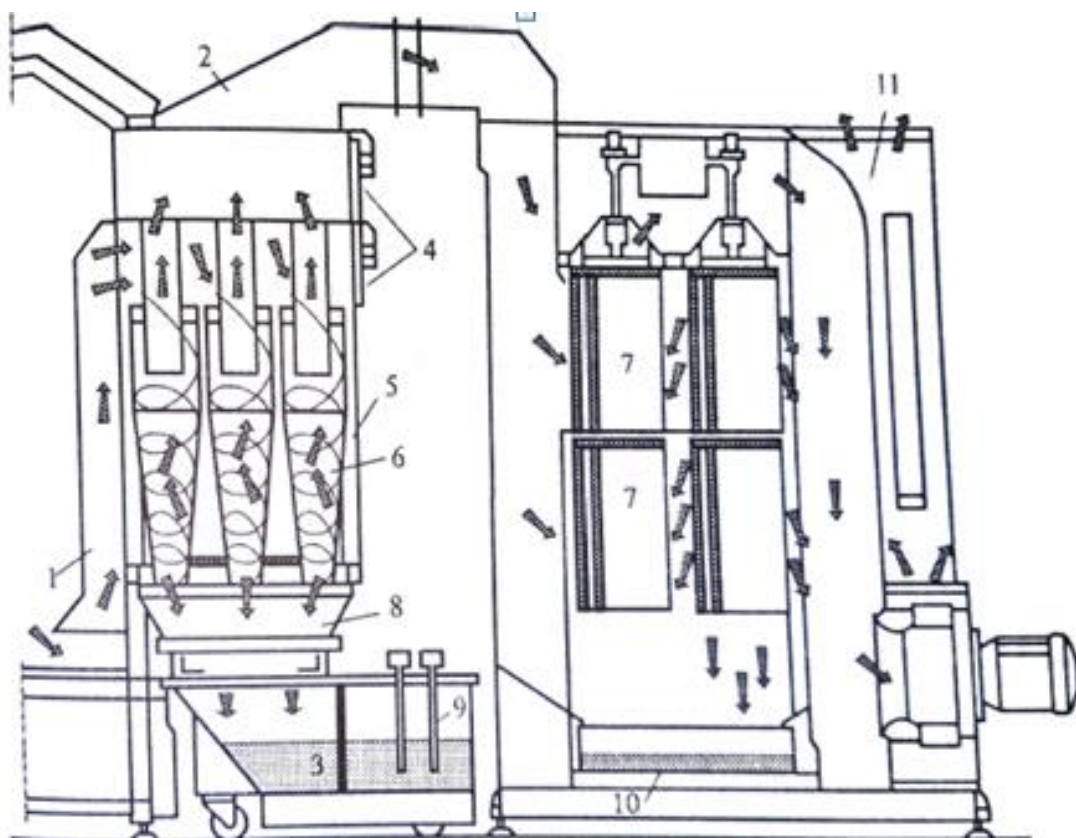
Слика 4.11: Трибо ефекат [9].

Пошто се прелаз електрицитета одвија само на малим додирним површинама (при удару честице о равну површину), неопходно је пуно удара због постизања високог нивоа наелектрисавања честица.

Основна (функционална) карактеристика трибо-пиштоља је да стварају млаз наелектрисаног праха са slabим електричним пољем и одсуством јона (струје). Одсуство поља помаже продору праха у зоне Фарадејевог кавеза (шупљине удубљења) и уз одсуство јонске струје дозвољава добијање површине веће „глаткоће“ и дебљег филма.

Како је проток праха кроз трибо пиштољ непрекидан, и његово наелектрисавање је непрекидно. Ово захтева постојање уземљења због непрекидног одвођења електрицитета нагомиланог од стране праха. У супротном површине ће постати или zasiћене електрицитетом и наелектрисавање ће престати или ће се количина електрицитета толико повећати да ће се испразнити на најближем уземљеном месту. Ово лучно пражњење може се одвијати кроз ваздух, по површини пиштоља или може пробити изолацију пиштоља (обично је то тело). [7].

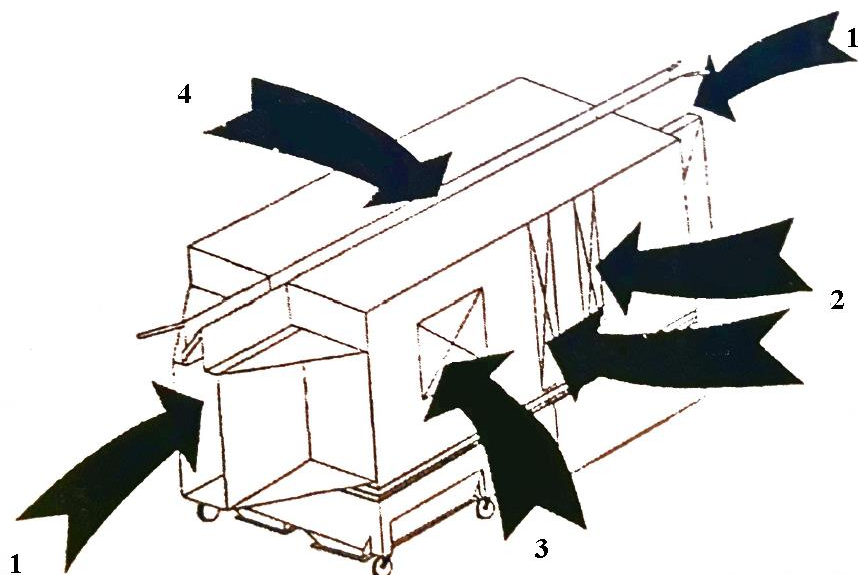
Комора се пројектује да изврши два специфична задатка: „хватање“ распршеног праха и његово сакупљање или за поновну употребу или за одлагање. „Хватање“ распршеног праха се извршава усисавањем ваздуха, помоћу вентилатора, довољном брзином кроз све отворе на телу коморе. Смеша распршеног праха и ваздуха се потом усисава у колектор где се или у циклону или у филтеру врши одвајање праха од ваздуха. Ваздух се након тога враћа у систем пошто прво прође кроз завршни метер где се уклањају честице величине 0,3 μm . Сакупљени прах се у уређају за повраћај меша са „свежим“ прахом и шаље се ка пиштољу или се одлаже на погодно место. Ако је намењен поновној употреби, прах се просејава да би се уклонила прљавштина и тако припремио прах за наношење на радне комаде. (слика 4.12)[7].



Слика 4.12: Систем за повраћај праха

1-усисни канал, 2-поклопац, 3-резервоар праха, 4-поклопац за чишћење, 5-мултициклон, 6-циклон, 7-кетрици филтери, 8-сабирна комора, 9-ињектор, 10-посуда рефузног праха, 11-апсолутни филтер

Кућиште коморе се пројектује да „ухвати“ распршени прах за време процеса његовог наношења. Типична комора са конвејером поседује отворе за улаз/излаз праха, прорез за пролаз конвејера и отворе за прилаз пиштоља било аутоматизованих или ручно покретаних (слика 4.13). Усисавањем ваздуха довољном брзином кроз сваки од ових отвора, „хвата“ се прах унутар коморе.



Слика 4.13: Отвори на комори

1-отвор за улаз/излаз радних комада, 2-отвори за прилаз аутоматских вођица пиштоља, 3-отвори за поправке или приступ ручним пиштољем, 4-прорез за пролаз конвејера

Усисавајућа ваздушна струја се ствара вентилатором одговарајућег капацитета. Овај капацитет се користи за одређивање просечне брзине струјања ваздуха кроз укупну површину свих отвора на комори. Та брзина струјања, звана просечна чеона брзина, држи под контролом распршени прах не дозвољавајући му да напусти комору. Пошто на ову брзину утиче близина отвора на комори, често се разликују њена стварна и прорачунска вредност. Ваздушна струја мора бити довољно јака да задржи прах у комори. Код мањих комора, отворених са предње стране, за мању производњу, брзина струјања треба да је довољно мала да не доведе до скидања праха набаченог на радни комад. Брзина струјања се креће између 25 m/s (код малих комора) до 50 m/s (код комора са великим отворима за улаз/излаз) [7].

4.4.5 Задржавање праха

У поступку наношења праха сва количина праха не остаје на радном комаду, него се задржава у коморама за наношење праха чиме се спречава његово расипање ван система. Постоје различите врсте комора и то:

- коморе за групно наношење праха;
- коморе са конвејером;
- коморе са ланчаном траком;
- коморе са хоризонталном траком.

Комора за групно наношење праха (слика 4.14) је пројектована за пластифицирање појединачних комада, или групе комада, приручном (мануелном) раду. Овакав начин рада се типично користи за пластифицирање „тест“ комада или за малосеријску производњу. Такође се може употребљавати као додатак комори са конвејером, када је неопходно брзо испластифицирати поједине комаде (или другом бојом или комаде специфичног облика) [8].



Слика 4.14: Комора за групно наношење праха

У оваквој ситуацији прах се обично наноси ручно од стране једног или више радника. Комади се у комору уносе и износе окачени на клизаче са шинама, помоћу колица или се ручно уносе. Комора се пројектује са једним отвором кроз који пролазе комади и кроз који радник наноси прах. У зависности од величине радних комада, коморе могу бити мале тако да радник стоји поред ње и наноси прах, или могу бити толико велике да радник може да уђе у њу и наноси прах.

Код ове врсте комора ваздух се усисава са задње стране или одоздо. Способност повраћаја праха обично је лимитирана, пошто се користе у малосеријској производњи, чест је случај да се прах који падне на дно баца.

Коморе са конвејером (слика 4.15) се пројектује за непрекидно (континуално) наношење праха на радне комаде окачене о конвејер, при средње и високопроизводним операцијама. Опсег величине комада се креће од малих групно окачених, до средњих и великих. Овакво решење коморе је повољно за наношење праха на комаде различитог облика, од равних панела преко кутија до делова компликоване геометрије [8].



Слика 4.15: Комора са конвејером

Коморе са ланчаном траком (chain-on-edge) (слика 4.16) је тип који је посебно пројектован за коришћење „обрнутог“ конвејера на коме се налазе вретена или носачи за држање радних комада. Користе се у средње и високосеријској производњи. Мањи радни комади се обично постављају на обртна вретена, причвршћена за ланац конвејера, да би се олакшало потпуно прекривање површине прахом. Већи радни комади се не обрћу већ се користе посебно пројектовани носачи учвршћени за ланац конвејера.

Ваздух се усисава са доње стране, са бочне стране и отпозади и уобичајено је да се у систему за сакупљање употребљавају „кертриџ“ филтери постављени или испод или изнад зоне распршивања праха. Они могу бити предвиђени или за сакупљање само једне нијансе или за сакупљање праха без обзира на нијансу у зависности од крајње употребе [8].



Слика 4.16: Коморе са ланчаном траком (chain-on-edge)

Коморе са хоризонталном траком се одликују применом хоризонталног конвејера који може бити: тракаст, са ваљчићима или точкићима. Конвејер пролази кроз комору носећи на себи радне комаде на које се, при томе, наноси боја у праху само са горње стране. Ова група комора обухвата „бланко“ линије намењене наношењу боје на делове или „бланко“ материјал пре њиховог склапања у целину. Други тип су линије за наношење боје на полуфабрикате који стижу намотани у котурове. Ови системи се користе за континуално наношење (и касније печење) на челичне или алуминијумске лимове, пре њиховог намотавања на котурове и слања у следећу фазу прераде (обликовања) [8].

4.4.6 Издајање праха

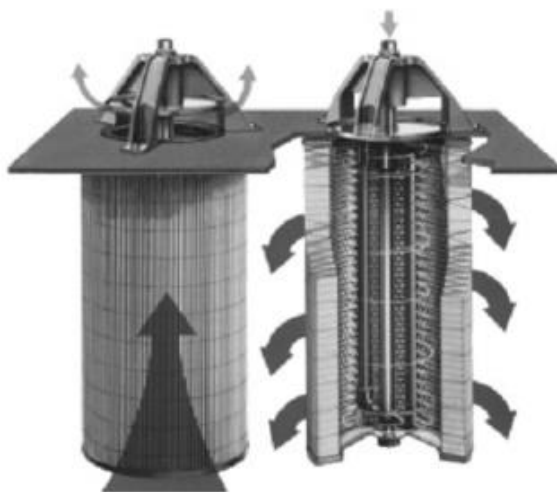
Прах мора бити издвојен из смесе, са уисним ваздухом из коморе, пре његове регенерације ради поновне употребе или одлагања. Све честице веће од 0,3 μm морају се профилтерисати и остранити пре враћања праха у радни простор коморе. Основне методе за извршавање овог задатка су:

- "кертриџ" филтери;
- циклони;
- тракасти филтери.

Основна разлике између ових система су у томе где долази до издајања праха и која метода се користи за то издајање.

Системи са „Кертриц“ филтерима (слика 4.17) обично користе две врсте филтера: основне и „финалне“. Основни филтери, обично „кертриц“, физички издвајају прах из ваздуха из коморе ради његове поновне употребе или одлагања. Финални филтери „хватају“ све честице праха веће од 0,3 μm које су прошле кроз основни филтер, осигуравајући тако враћање чистог ваздуха у комору.

Модул са „кертриц“ филтерима је компактан, самосталан део система регенерације праха. Он садржи „кертрице“ постављене хоризонтално или вертикално. Модул се директно веже за комору било на њене крајеве било испод пода. Тако се сепарација праха одвија у оквиру саме коморе. Број филтера ће варирати у зависности од величине коморе и протока усисаног ваздуха.



Слика 4.17: „Кертриц“ филтери [12]

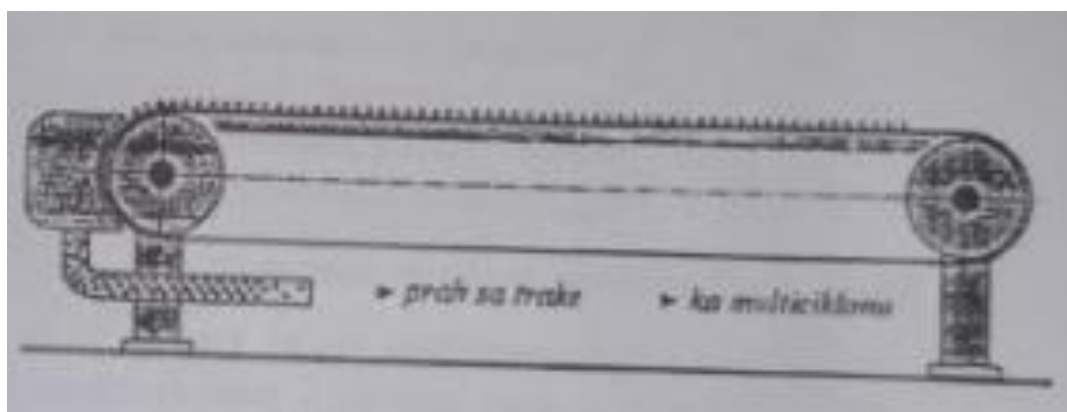
Циклон је коришћен као уређај за сепарацију (издвајање) чврстих честица у великом броју индустријских грана током дужег временског периода. Рад се заснива на вртложном или циклонском кретању које ствара центрифугалну силу, а која у комбинацији са силом земљине теже издваја честице праха из ваздушнoг струјања, те оне падају на дно уређаја; Треба напоменути да је циклон сепаратор, а не филтер. Из тог разлога захтева се накнадно филтрирање ваздуха пре његовог враћања у комору.

Циклон (слика 4.18) је повезан са комором за пластификацију преко вентилатора који ваздух засићен прахом транспортује са места сакупљања унутар коморе, до врха циклона. Тако се прах из мешавине са ваздухом издваја на локацији удаљеној од коморе. Ваздушна струја велике брзине (обично 9 до 21 m/s) коришћена за транспорт праха улази у врх циклона и усмерава се на доле и то у облику вртлога. Центрифугална сила одваја честице праха из ваздушне струје ка спољашњости (где им опада брзина) те оне под дејством силе земљине теже падају на дно посуде за сакупљање. Сакупљени прах се потом враћа у резервоар било ручно било пумпом. Пошто ваздушна струја, сада практично ослобођена честица праха, стигне до конусног грла циклона усмерава се право навише по његовој оси. Потом пролази кроз додатну вентилацију до филтера где се све честице још увек садржане у струји издвајају из ње. Склоп финалних филтера обезбеђује издвајање свих честица већих од 0,3 μm и тако прочишћен ваздух се враћа назад у комору.



Слика 4.18: Циклон [12]

Систем сакупљања праха помоћу **тракастих филтера** (слика 4.19) се често назива по свом трговачком имену „Двоструки ваздух-трака“ (Тњин–Аир Белт), које описује његов начин рада. Са уграђене две одвојене ваздушне струје и тракастим филтером, овај систем може бити веома ефикасан при сакупљању великих количина праха код високо и средње производних линија. У њему је, основни филтер, трака постављена на дну коморе (бесконачна трака) и креће се паралелно са конвејером. Смеша ваздуха и праха се усисава кроз тракасти филтер, при чему се прах задржава на њему. Ваздушна струја, великог протока, сада практично чиста, се одводи вентилационим каналима до филтера на којима се издвајају све честице праха веће од 0.3 μm , а ваздух се враћа у комору.



Слика 4.19: Тракасти филтер

Како се трака креће, прах наталожен на њој одлази ка крају коморе где се усисава помоћу секундарне ваздушне струје. Њу ствара вентилатор за финално сакупљање праха малог протока и великог статичког притиска. Прах се сакупља у мањим колекторима са „кертриџ“ филтерима намењеним појединачним нијансама или се одводи до мини циклона ако не постоји потреба за сакупљањем појединачних нијанси. Међутим, запремински проток ваздуха који се користи за усисавање кроз тракасти филтер је само део оног који се користи у стандардним системима. Због тога су и колектори и циклон мањих димензија.

4.4.7 Просејавање праха

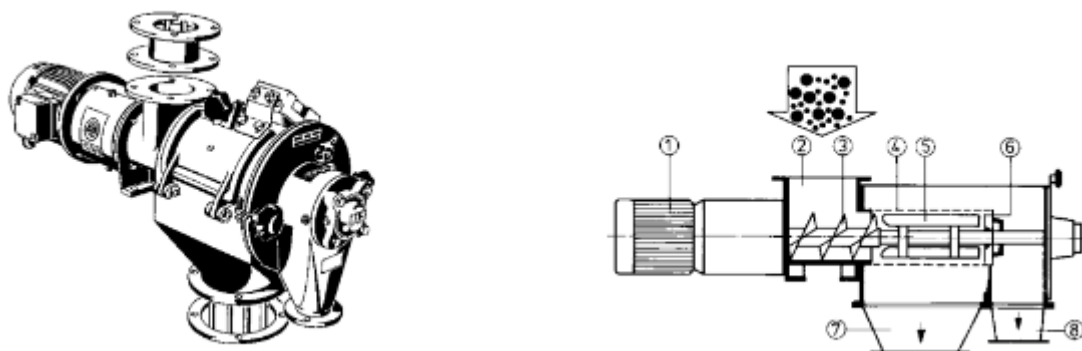
Употреба сита у системима за пластификацију има две функције: уклањање прљавштине из праха и припремање истог за распршивање пиштољем. Можемо их поделити у две главне групе:

- ротациона;
- вибрационе.

При уклањању прљавштине, њене најситније честице које се могу сигурно задржати ситом су веће по димензијама од најкрупнијих честица боје. На пример, у случају прљања влакнима, она могу бити доста дуга, али ако су танка могу лако проћи кроз поре на ситу. Само ако је пречник влакна већи од пора на ситу (окаца), сито ће их зауставити. Супротно, ако су димензије окаца веома блиске пречнику највећих честица доћи ће до запушавања пора и сито ће изгубити своју функцију. Тако ће се просејавањем уклонити веће честице прљавштине као што су: грумени боје настали слепљивањем, комади од паковања (омота), рђа, љуспице од праха које спадају са транспортера, итд. Просејавање неће бити тако ефикасно у уклањању честица најмањих димензија као што су: мала влакна, атмосферска прашина и слично. Ако су те честице довољно мале да буду ношене струјом ваздуха, онда су њихове димензије истог реда као и димензије праха и не могу се раздвојити. Када димензија отвора сита постане мања од двоструког пречника највеће честице праха, капацитет сита пада и расте вероватноћа његовог запушења. Главна намена сита је спречавање нагомилавања праха и проласка грумења, тако да се у овом случају не захтевају сита са веома финим окцима.

Уобичајено је да се сито монтира одмах изнад главног резервоара за боју у систему. Код неких конструкција она се постављају у резервоар. Прах пада кроз сито у резервоар помоћу силе земљине теже. Уобичајено је да се прах до сита доводи помоћу пумпи, а ваздух којим се он транспортује се издваја кроз сита. Сита су опште говорећи осетљива на струјање ваздуха кроз њих и најбоље раде у случају када кроз њих не пролази ваздух.[8]

Ротациона сита поседују сито у облику цилиндричне цеви. Електромотор постављен на једном крају уређаја покреће спирално вретено и ротор (коло) који је постављен у оси сита (слика 4.20). Спирално вретено уводи прах на једну страну сита и потом вртложна ваздушна струја, створена ротирањем кола, „избацује“ прах кроз сито.



Слика .4.20: Ротационо сито [12]

При раду овог уређаја, дејство кола је слично дејству вентилатора за стварање вртложног струјања. Ваздух је тај који протерује прах кроз сито и ротор (коло) не би требало да додирује сито. Материјал који није прошао кроз сито се одводи на други крај уређаја до прикључка за отпад.

Сито код **вибрационих сита** (слика 4.21) је разапето попут мембране музичког бубња. Механички или електрични вибратор изазива померање сита. Ово вибрационо кретање изазива ширење праха по површини сита омогућавајући тако пролазак ситнијих честица кроз њега. Вбрациона сита се изводе од оних простих попут добоша код којих се нечистоће задржавају на површини и морају се ручно уклонити до оних много софистициранијих са аутоматизованим уклањањем нечистоћа. Простији модели могу бити задовољавајуће јефтини, док они много сложенији могу достићи цену ротационих сита [8].



Слика 4.21: Вибрационо сито [12]

4.5 Печење праха

Термостабилни прашови за пластификацију се због постизања жељених декоративних (визуелних) и функционалних (хемијских и механичких) карактеристика за које су предвиђени, морају запећи. За извршење овог важног задатка у системима за пластификацију са користе пећи. Оне морају брзо загрејати радни комад до жељене температуре, без непожељних утицаја на пластификацију, и избацивати нуспроизводе печења и сагоревања.

Печење је процес излагања предмета, на који је нанесена боја у праху, топлоти са циљем постизања жељених карактеристика нераздвојиво повезаних са хемијским саставом праха. Постоје два услова која се морају испунити ради постизања одговарајућег печења. Први је температура која представља температуру металне површине, а други је време. Време печења, означено као „трајање циклуса у пећи“, је време излагања потребно за постизање адекватног печења. Трајање циклуса у пећи обухвата време загревања и време задржавања због одговарајућег печења. Време загревања је време потребно за достизање жељене температуре металне површине предмета који се уноси у пећ. Важно је напоменути да ова жељена температура није температура пећи. Време загревања, повезано са масом и материјалом радног предмета, може се дефинисати као његово печење унутар пећи. Оно представља време које радни предмет проводи у пећи при чему се периодично мери и бележи температура његове површине док се не постигне жељена температура. Овај период представља време унутар пећи. [8].

Постоје три начина загревања комада до жељене температуре:

- Конвекција—Топлотну енергију преноси загрејан ваздух;
- Радијација—Топлотна енергија се преноси зрачењем без загревања околног ваздуха;
- Индукција—Енергија се преноси индукцијом вртложних струја које загревају радни предмет.

4.5.1 Конвециске пећи

Конвекциске пећи топлоту предају предмету који се пластифицира кружењем загрејаног ваздуха. Ово се најчешће остварује употребом центрифугалног вентилатора што подсећа на систем вентилација са извором топлоте.

Конвекциске пећи се морају одговарајуће пројектовати да би се печење извршило што ефикасније. Много чешће пећ мора обезбедити стварање топлоте са одређеним, температурним градијентом дуж њене коморе. Штавише, вредност овог градијента се мора кретати у интервалу од 5°C. При пројектовању и састављању (склапању) пећи која лако испуњава ове захтеве морају се размотрити следеће ставке:

- грејач;
- систем за циркулацију;
- систем за проветравање;
- конструкција коморе;
- заптивке;
- командни уређај [8].

4.5.2 Инфрацрвене пећи

Инфрацрвене пећи користе радијациону енергију уместо конвекције за печење боје. Оне могу бити или електричне или гасне. Инфрацрвене пећи могу, у неким случајевима, запећи боју за мање од 30 секунди. Ипак, код ових пећи постоји проблем „видљивости“, пошто оне користе светлосну енергију за свој рад. Зато ће се загревати само оне површине које се „виде“ од стране грејача. Мада се нешто топлоте преноси по површини комада, за печење читавог комада се мора користити зрачење грејача. Комади сложеног облика ће се боље пећи у конвекцијским или пећима двоструког типа.

У просеку, електричне инфрацрвене (у даљем ИЦ) пећи су три пута ефикасније при преношењу енергије на радни комад у односу на гасне конвекциске пећи. Додатна корист код ИЦ пећи је чињеница да се оне много брже пуштају у рад и искључују од конвекцијских пећи. Пошто ИЦ пећ не захтева дуго време загревања може се укључити неколико минута пре уношења радних комада у њу и исто тако аутоматски искључити (или смањити температуру) када је празна.

За брзо печење боје, извори (грејачи) краткоталасног ИЦ зрачења могу постати приоритетни. У овом случају ИЦ зрачење пролази кроз слој нанесеног праха и загрева металну површину. На тај начин се одвија печење од унутрашњости ка површини. Предности оваквих система при печењу боје најбоље се исказују кроз следеће:

- флексибилност у управљању (раду) и распореду (грејача);
- велика брзина и ефикасност;
- компактан филм;
- стални производни квалитети мали утицај на околину.

4.5.3 Индукционе пећи

Индукционе пећи се обично користе за предгревање радних комада пре почетка пластификација. Ово се ради због тога што индукционо загревање тражи окруживање радног предмета извором електричне енергије па постоји опасност њиховог додира (и оштећења слоја нанесене боје).

4.5.4 Пећи двоструког типа

Пећи двоструког типа за печење боје истовремено користе ИЦ пећ и конвекцијску пећ. ИЦ пећ ради као „мирна зона“ која топи прах без његовог одувавања са површине радног комада. Конвекцијска пећ потом „завршава посао“.

Струјање ваздуха може створити проблеме у неколико првих минута печења. Ови проблеми настају због тога што прах „није имао довољно времена“ да се истопи и залепи за површину пластифицираног предмета. Употреба ваздушне баријере (због топлотног заптивања) на улазу у пећ често је извор ове појаве, због велике брзине струјања. Једно од решења је монтирање зоне предгревања која омогућава „припрему“ праха пре проласка радног комада кроз ваздушну баријеру. Ефикасност топлотног заптивања неће бити доведена у питање ако се смањи брзина струјања као што се обично захтева при спречавању одувавања праха. У овом случају уобичајена је употреба ИЦ зона или комбинације ИЦ и конвекцијске зоне.

4.5.5 Комбинација пећи за сушење и печење

Најчешћи комбиновани систем је онај код кога су пећ за сушење и печење постављене једна уз другу тако да их дели заједнички зид. Овај зид није изолован као остали, зато што није изложен условима околине постројења. Свака пећ и даље има свој грејач, команде и опрему за вентилацију као појединачне пећи горе описане. Предност овог начина је смањивање количине изолованих панела и конструкционог челика и смањивање трошкова за гориво.

Нај ефикаснија комбинација је она код које се иста пећ користи и за сушење и за печење без икакве поделе унутар ње. Предности су:

- елиминисање преградног зида;
- смањење количине конструкционог челика;
- само један грејач;
- заједнички систем за вентилацију;
- заједнички управљачки пулт;
- нижи трошкови за гориво.

Ипак овакво решење се ретко употребљава из разлога што температура потребна за печење боје постаје превисока за сушење. Такође влага ослобођена при сушењу комада ствара проблеме при печењу. Додатни трошкови за уређаје који спречавају ове проблеме обично су већи од уштеде која се на почетку остварује.

Други систем сличан првопоменутом чини пећ за сушење монтирана испод пећи за печење. У овом случају подни панел пећи за печење чини кровни панел за пећ за сушење. Ако зону сушења поставимо између две зоне печења могу се остварити уштеде у изолационим панелима и конструктивном челику.

5. Уређаја испитивање корозије

5.1 Припрема идејног решења, основни захтеви

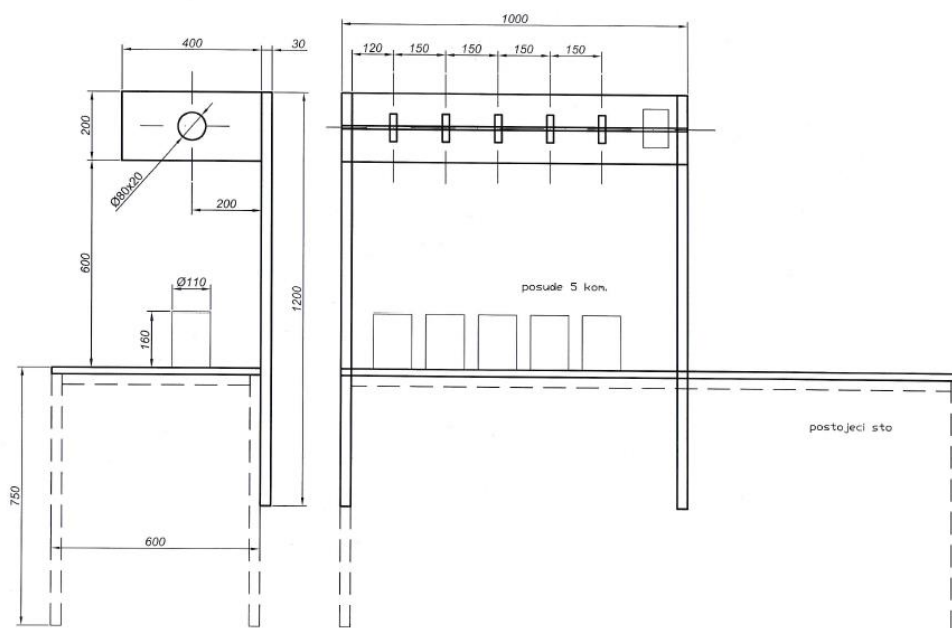
Стандардни лабораторијски уређај за испитивање корозије цикличним урањањем металних узорак у течни медијум не постоји, зато смо ми пројектовали сопствени уређај за овакав вид испитивања. Испитивање цикличним урањањем се састоји од циклуса у трајању од једног сата. Циклус је подељен у два дела: први део циклуса траје 10 мин. и узорак је уроњен у течни медијум, док други део циклуса траје 50 мин и узорак се суши на ваздуху, тј изроњен је из течног медијума. Овај циклус се понавља 24 сата у дану, а укупан број дана се одређује за сваку легуру за коју се испитивање врши. Укупно време испитивања за алуминијум и челичне легуре је од 20 до 90 дана.

Основни захтеви:

- Уређај обавља одређен број циклуса у тачно одређеним временским интервалима, да се постигне тачно време боравка узорка у течном медијуму и ван њега;
- Да уређај има капацитет истовременог испитивања у пет стандардних лабораторијских посуда запремине 3l, тј испитивање истовремено пет узорка уроњених у различите медијуме;
- Да уређај има могућност монтаже на стандардну ђачку клупу, са циљем смањења цене израде овог уређаја;
- Да се за погон користи ел мотор од брисача који поседује факултет Инжењерских наука у Крагујевцу.

Овим аутоматским поступком добијамо тачније резултате, и смањује се грешка у виду дужег задржавања узорка у течном медијуму или ван њега (смањује се грешка оператера).

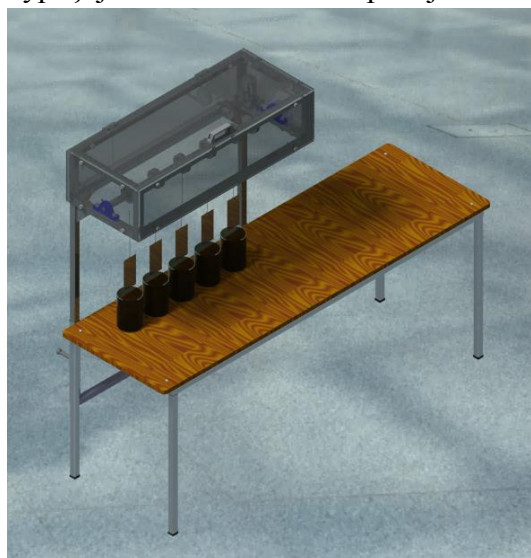
На скици 5.1 приказана је полазна скица на основу које смо иувршили израду 3D модела.



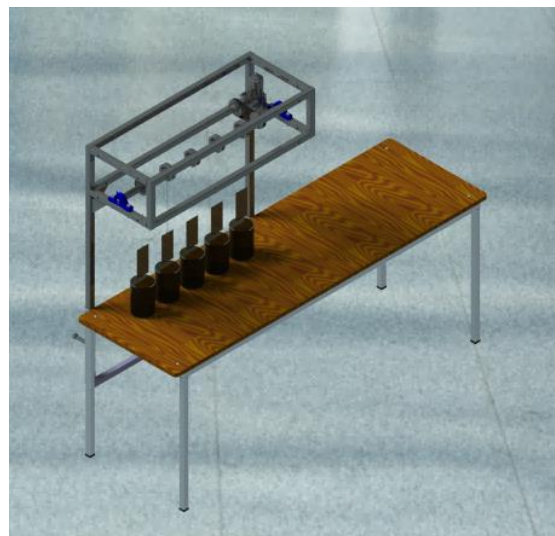
Слика 5.1: Скица уређаја за испитивање корозије

5.2 Разрада идејног решења

Израда 3D модела и детаљне техничке документације израђена је уз помоћ CAD софтвера CATIA V5R и Autodesk Inventor Professional 2016. На слици 5.2 приказан је 3D модел уређаја за испитивање корозије.



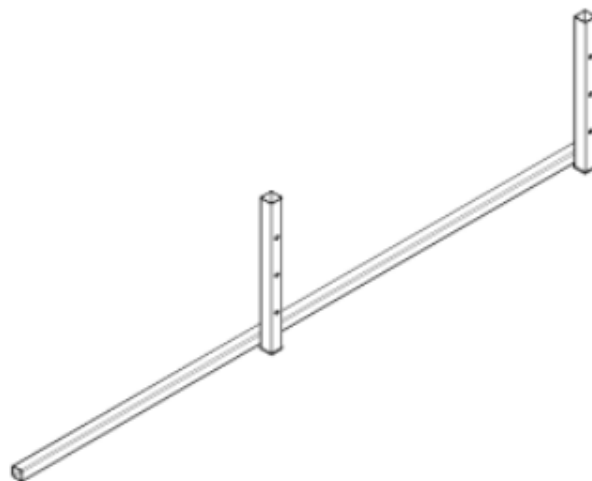
а)



б)

Слика 5.2: 3D модел уређаја за испитивање корозије а) са заштитама, б) без засшита.

Као што је већ напоменуто један од захтева је био да уређај буде монтиран на стандардну ђачку клупу, која истовремено представља и радну површину на коју се постављају лабораторијске посуде. Како би остварили могућност монтаже и демонтаже овог уређаја потребно је заварити додаток на стандардну ђачку клупу (слика 5.3). Додатак је израђен од стандардних кутијастих профила, који су међусобно заварени.

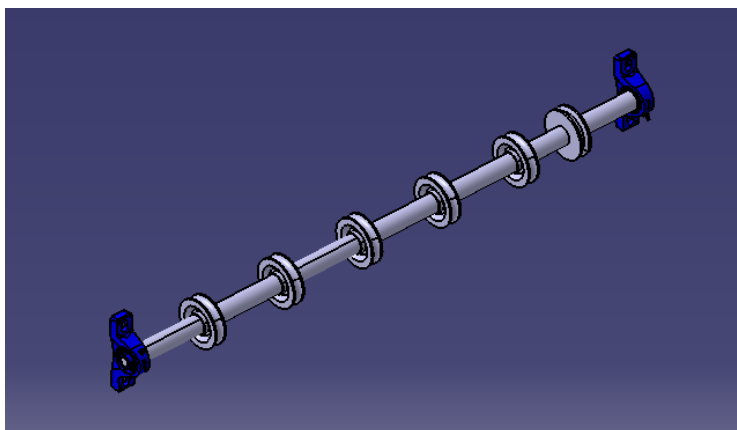


Слика 5.3: Додатак заварен за стандардну ђачку клупу

Табели 5.1 представља листу потребних елемената за израду додатка за ђачку клупу.

Табела 5.1: Додатак за сто ^[10]			
Количина	Назив	Материјал	Димензије
1	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x1740
2	Кутијаста профил	S235JR	35x35x2x400
2	Плоча	S235JR	35x35x5

Као идеално решење за урањање узорка у течни медијум изабрано је вертикално спуштање односно подизање узорка. Ово кретање постиже се замотавањем (постиже се подизање узорка) и одмотавањем (постиже се спуштање узорка) канапа, за чији крај је привезан узорак, око котура који ротира заједно са вратилом на који је монтиран. Вратило је улежиштено на два места (слика 5.4) помоћу кугличних лежајева, произвођача SKF типа SY 17-TF са кућиштем. Такође на вратилу се налази и ременица преко које се преноси ротација на вратило. Делови су међусобно повезани раздвојивим везама, у табела 5.2 су приказани сви елементи потребни за спајање улежиштеног вратила.



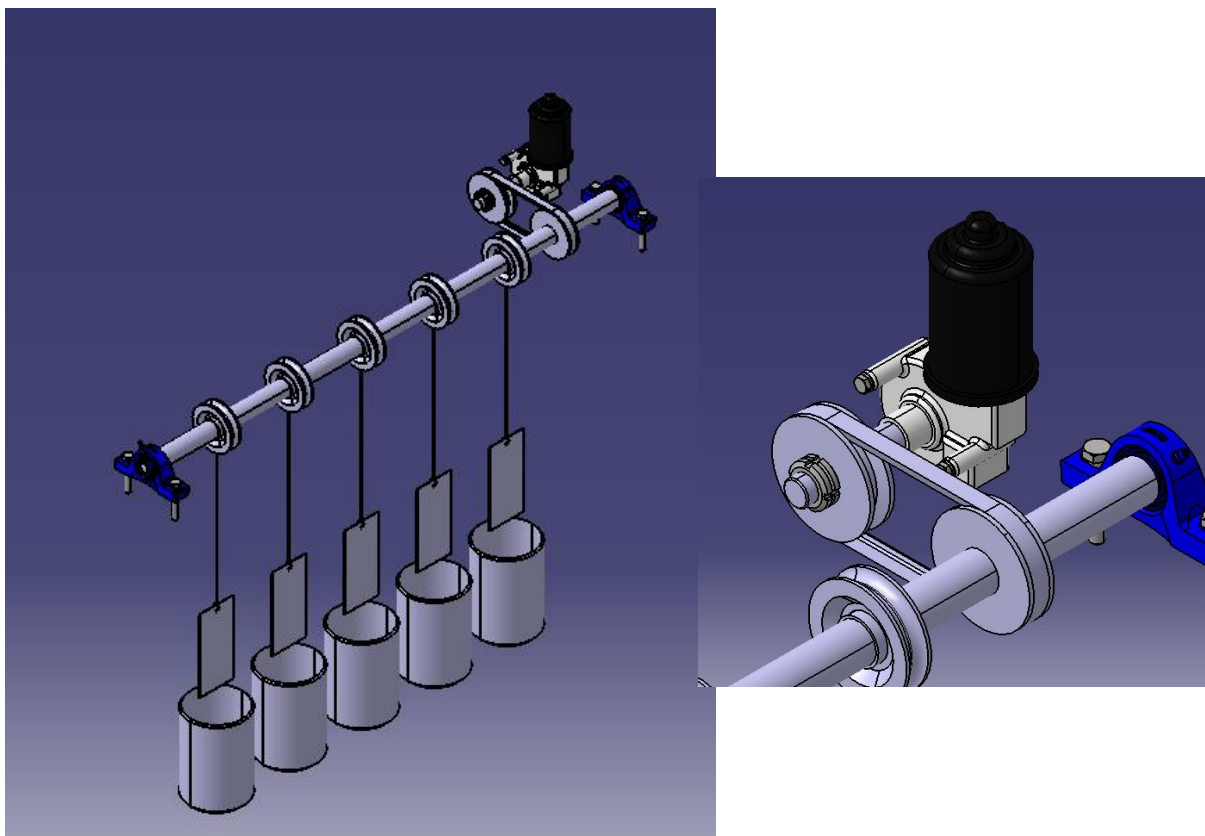
Слика 5.4: Улежиштено вратило

Табела 5.2: Улежиштено вратило ^[11]			
Количина	Назив	Стандард	Димензије
2	SKF лежак		SY-17-TF
1	Вратило		Ø20x998
5	Котур		Ø80x20
4	Дистантна чаура		Ø30x130
1	Дистантна чаура		Ø30x112.5
1	Дистантна чаура		Ø30x80
1	Дистантна чаура		Ø30x110.5
1	Ременица		Ø80x20
6	Клин	ISO 2491-A	6x4x20

За погон овог уређаја користи се ел. мотор брисача од 12 V (слика 5.5), што је био и један од захтева. Управљање ел. мотора као и контрола целокупног процеса испитивања врши се преко ПЛЦ уређаја или персоналног рачунара. Ротационо кретање се преноси са вратила мотора на вратило са котуровима, преко каишног преноса (слика 5.6).



Слика 5.5: Мотор брисача



Слика 5.6: Приказ каишног преноса

Улежиштено вратило заједно са мотором и каишним преносником (слика 5.6) је смештено на носећи рам, који је направљен од стандардних кутијастих профила и плоча који су међусобно заварени (слика 5.7). Табела 5.3 представља списак потребних елемената за израду овог дела.



Слика 5.7: Носећи рам

Табела 5.3: Носећи рам^[10]

Количина	Назив	Материјал	Димензије
3	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x1000
2	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x1250
2	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x250
2	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x340
1	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x940
2	Кутијаста профил	S235JR	30x30x2x340
1	Плоча	S235JR	20x75x100
4	Плоча	S235JR	10x100x100

Заштита целокупног механизма од спољашњих утицаја, као и заштита да не дође до повреде оператера приликом рада уређаја, остварена је плочама од плексигласа са четири бочне стране које су причвршћене раздвојивим везама, док са горње стране се налазе врата која нам омогућавају приступ механизму приликом одржавања, врата су причвршћена помоћу две шарке за носећи рам.

Веза између ђачке клупе, на који је претходно заварен додатак и носећег рама је раздвојива и базирана је на принципу телескопа, где кутијаста профил мањег попречног пресека (30x30) улази у кутијаста профил већег попречног пресека (35x35). Предност овог решења је могућност подешавања носећег рама по висини, уколико се користе веће или мање лабораторијске посуде. Причвршћивање рама за сто се остварује помоћу механизма за забрављивање које је заварен за додатак стола (слика 5.8). Веза се остварује преко клина, који се извлачи из кућишта сабијајући опругу која се налази у кућишту, ослобађајући простор да се убади мањи профил у већи. Када се рам доведе у одговарајући положај тада се ослободи клин, притисак опруге се смањи и она тежи да се рашири, враћајући клин у почетни положај, који тада пролази кроз отворе носећег рама и додатка стола. Предност овог решења у односу на вичану везу је та што се сама монтажа и демонтажа изводи без алата.



Слика 5.8: Механизам за забрављивање

У табели 5.4 приказани су сви елементи потребни за израду овог механизма.

Табела 5.4: Механизам за забрављивање			
Количина	Назив	Стандард	Димензије
1	Кућиште опруге		
1	Опруга		Ø13x58
1	Клин		
1	Кугла		S27

У табели 5.5 приказани су сви елементи потребни за монтажу и израду комплетног уређаја за испитивање корозије приказаног на слици 5.2 .

Табела 5.5: Уређај за испитивање корозије^[11]			
Количина	Назив	Стандард	Димензије
1	Постојећи сто		
1	Додатак за сто		
2	Механизам за забрављивање		
1	Носећи рам		
2	Шарке		
1	Мотор са вратилом		
1	Ременица		
1	Каишник		
4	Заштита		
1	Врата		
1	Ручка		
5	Уже		
5	Лабараторијска посуда		
1	Клин	ISO 2491-A	6x4x20
2	КМ Навртка	ISO 2982-2	M20x1x26
41	Подлошка	ISO 7090	10
16	Вијак	ISO 4014	M10x55
20	Навртка	ISO 4032	M10x55
4	Вијак	ISO 4014	M10x60
8	Вијак	ISO 7046-1	M6x10x4.8
3	Вијак	ISO 4017	M6x60
2	Вијак	ISO 1207	M8x14
3	Подлошка	ISO 7090	6

6. Закључак

Као што је већ поменуто, корозија је стално присутна појава у свету који нас окружује као природна склоност метала да се врати у првобитно стање тј. руду из којег је потекао. Она представља нежељено разарање материјала које настаје сложеним физичко–хемијским дејством околне средине. Корозија свакодневно утиче како на визуелни изглед производа тако и на функциоалност машинских система, што може да доведе до великих материјалних трошкова и катастрофа. Зато је изучавање и упознавање корозионих процеса изузетно важно како би спречили или умањили дејство корозије омогућава примену превентивних мера помоћу којих би се успорила или спречила појава корозије, то се остварује правилним обликовањем челичних конструкција, разним пројектантским решењима и технологијом израде.

Заштитна пластификацијом је једна од метода заштите од корозије, која представља завршну обраду последњих година. Овом методом постижу се добре карактеристике у погледу заштите од корозије, уз ниске трошкове она у исто време представља најбоље решење у погледу заштите човекове околине. Технологија наношења заштитних превлака одвија се кроз неколико фаза које су описане раније у овом раду.

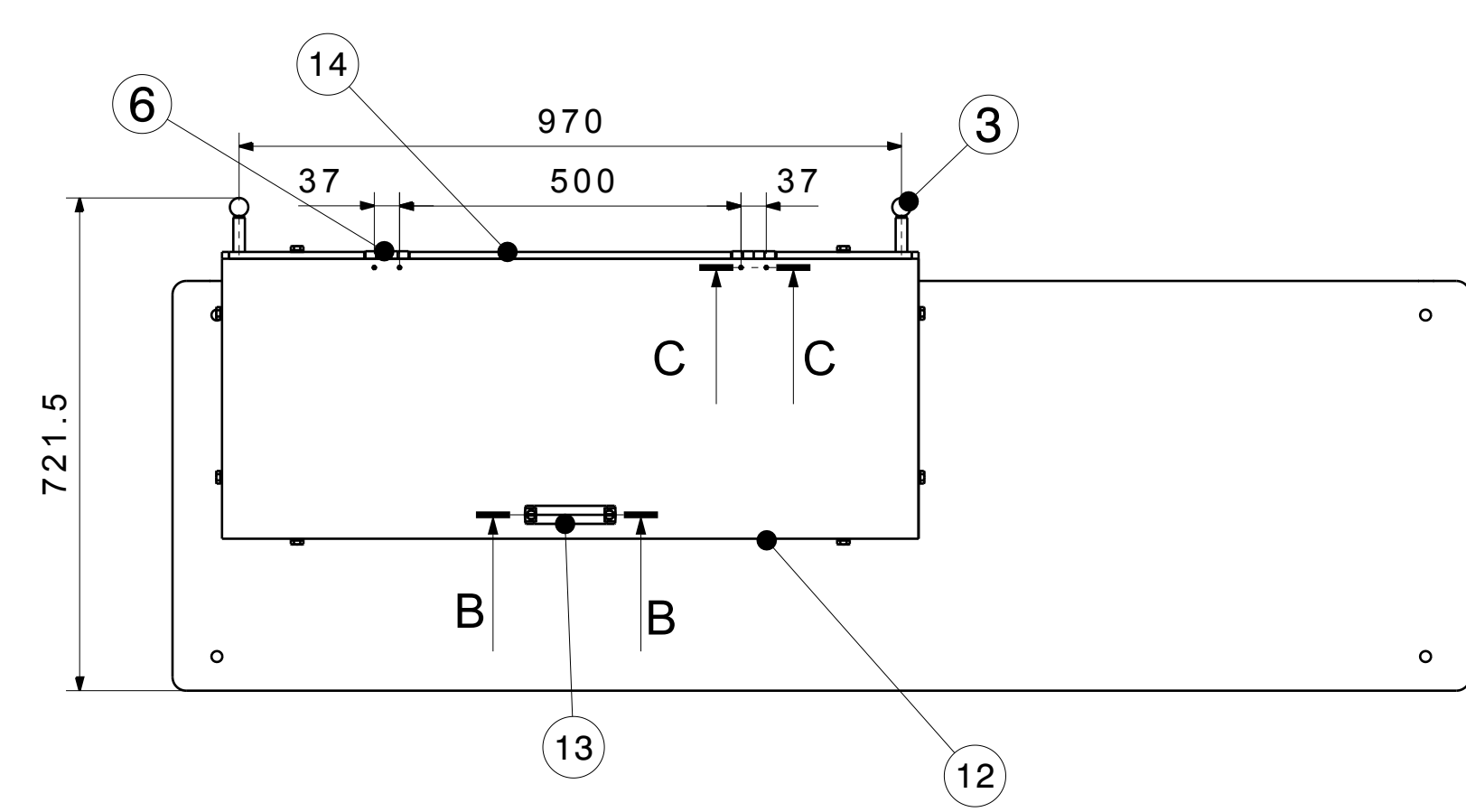
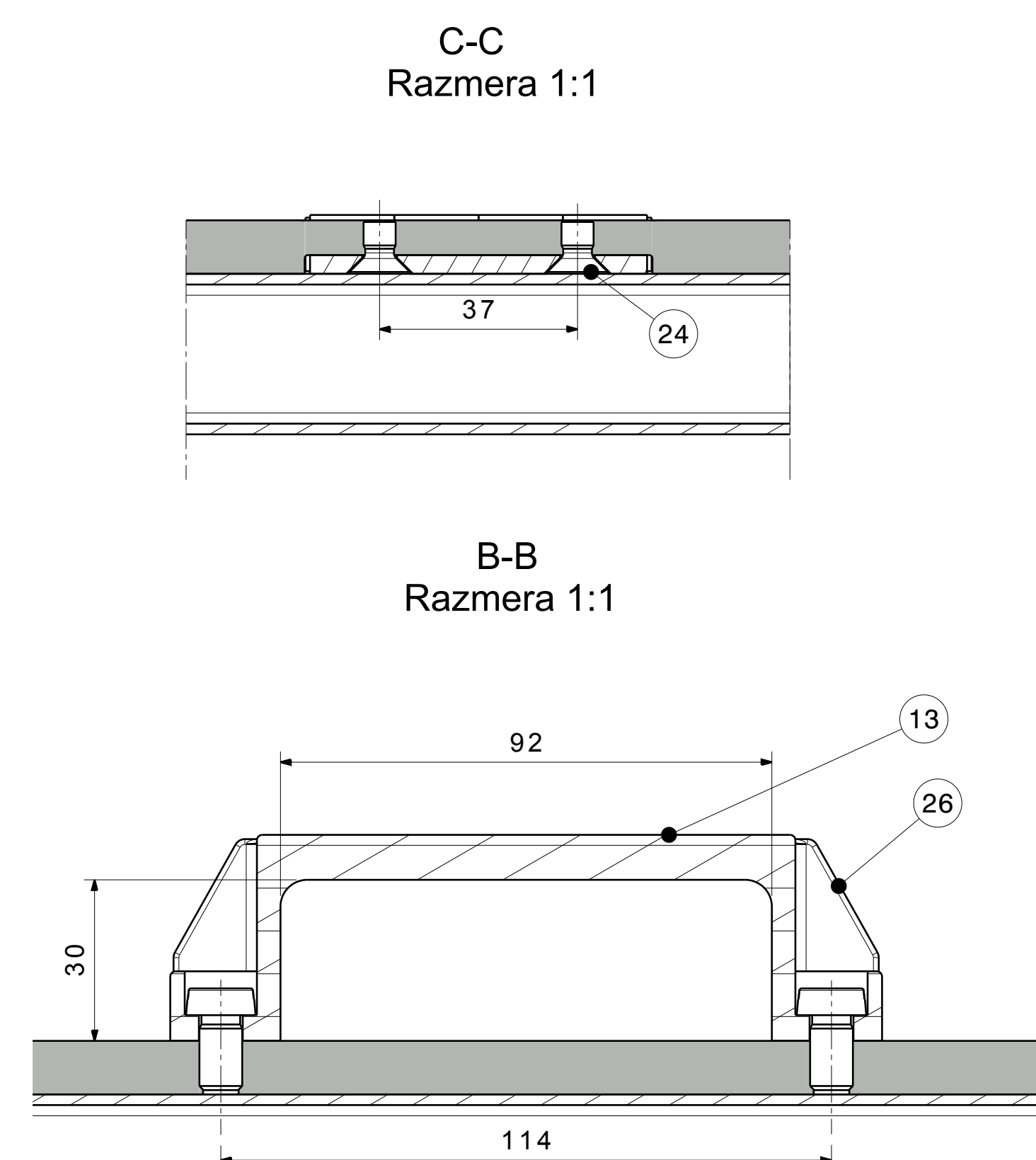
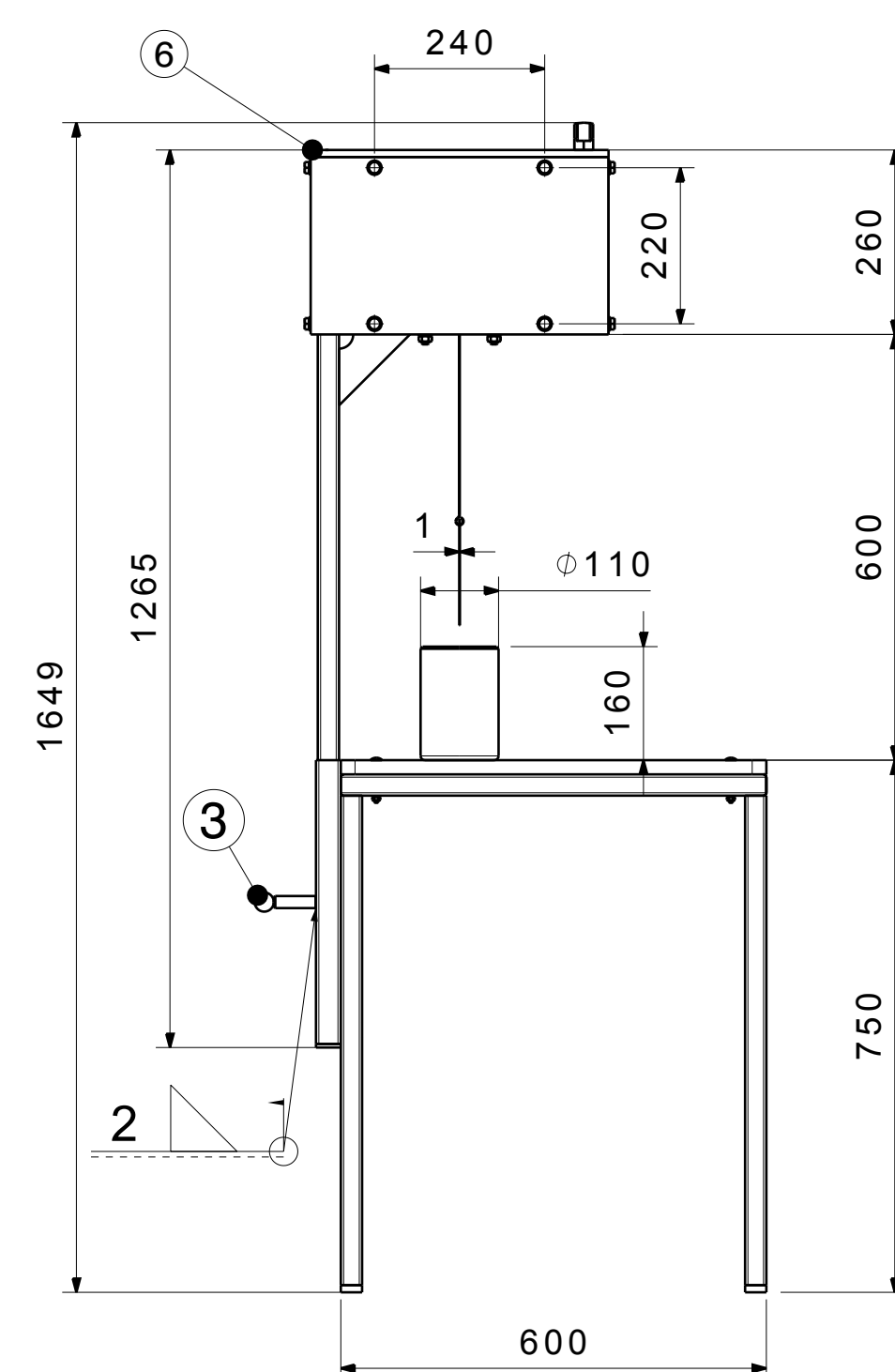
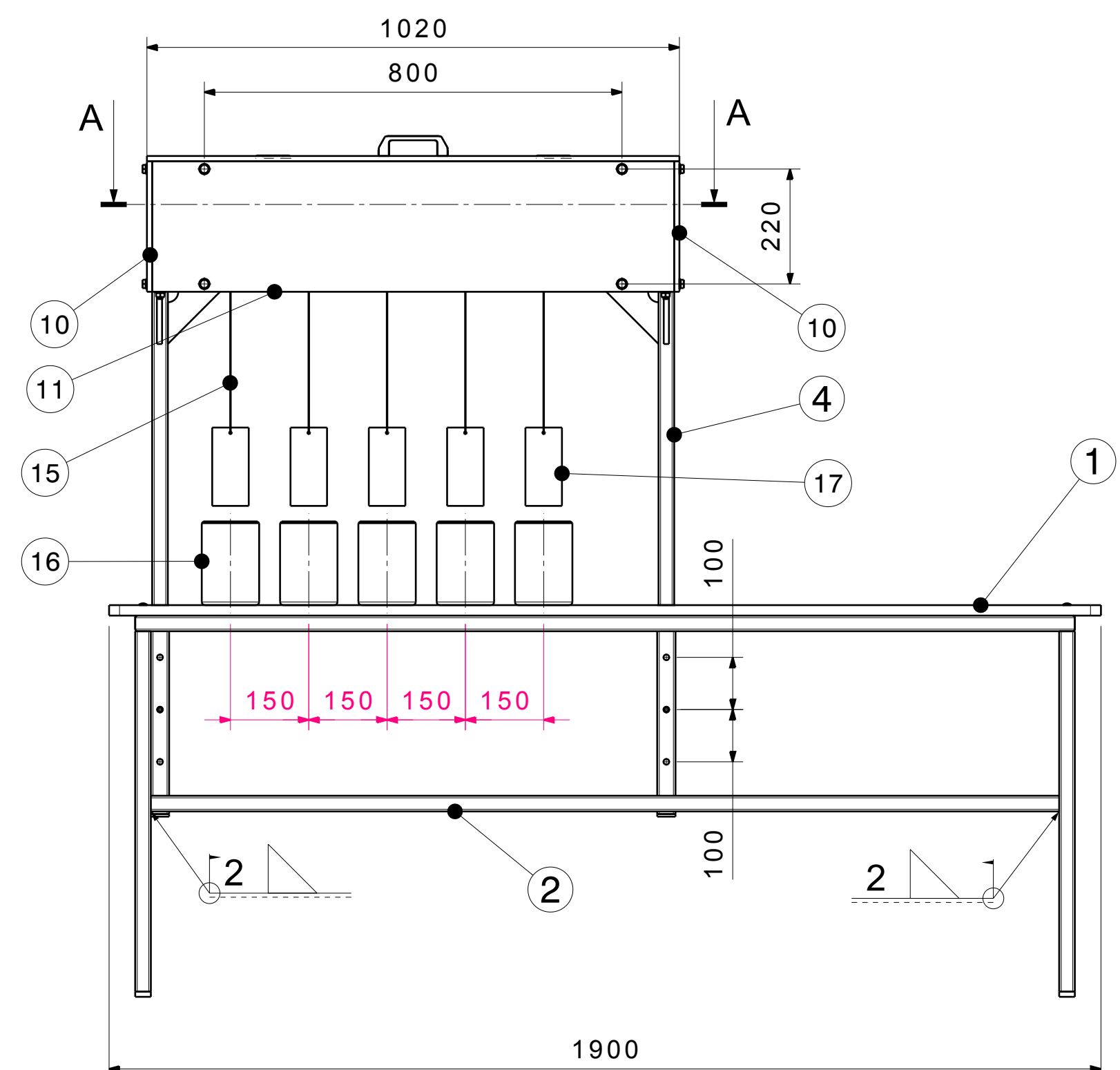
Испитивање корозије као и заштитних превлака, спроводе се цикличним урањањем, при чему се циклуси понављају више дана. Из тог разлога неопходно је коришћење лабораторијских уређаја који су програмирани да изврше спровођење циклуса у тачно дефинисаним временским интервалима. Пошто лабораторијски уређај за овакав вид испитивања не постоји један од задатака овог рада био је да се пројектује уређај који је описан у овом раду, и да се направи детаљна техничка документација приказана у прилогу овог рада. Овај уређај може заменити човека у спровођењу ових испитивања, а при томе се постижу тачни резултати, смањујући могућност да дође до грешке изазване људским фактором.

7. Литература

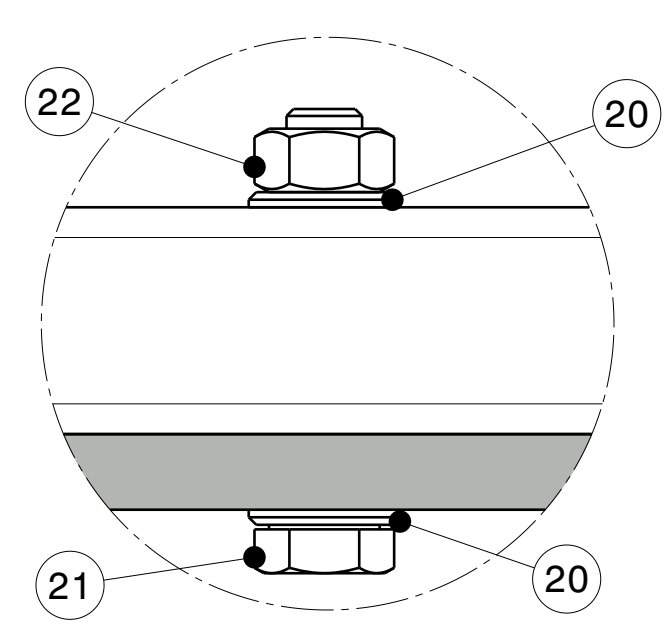
- [1] Милорад Јовановић; Вукић Лазих; Драган Адамовић; Нада Ратковић - „Машински материјали“, Крагујевац 2003.
- [2] Горан Манце, Дипломски рад „Пројектовање уређаја за испитивање корозије урањањем“, Загреб 2008.
- [3] <http://corrosion-doctors.org/Forms-Uniform/uniform.htm> Приступљено; 04.09.2019 год.
- [4] Проф.др. Милорад Јовановић, Др. Вукић Лазих, Мр Рајко Чукић - Ауторзована предавања, тема: Корозија, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу 2009год.
- [5] Томислав Леванић, Дипломски рад „Заштита стројарских конструкција од корозије“
- [6] Игор Андрић, Дипломски рад „Корозија и заштита од корозије пољопривредних машина“ Осјек 2017.
- [7] Богдан Василијевић; Богдан Недић - „Модификовање површина“, Кргујевац 2003.
- [8] Жељко Грубар, Пластифицирање, Машински факултет Крагујевац.
- [9] Механизми заштите од корозије- Ауторитативна предавања, Загреб 2012.
- [10] Табела стандардних ваљаних профила, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу
- [11] Standards book design, SMS group, 2008
- [12] <https://docplayer.cz/21410408-Dopremanje-praha-i-prenos-praha.htm> Приступљено; 18.09.2019 год.
- [13] <https://007girls.ru/bs/types-of-paints/polyester-varnishes-paints-and-primers-types-composition-and-methods-of-application-of-polyester-paints/> Приступљено; 4.10.2019 год.

8. Прилог

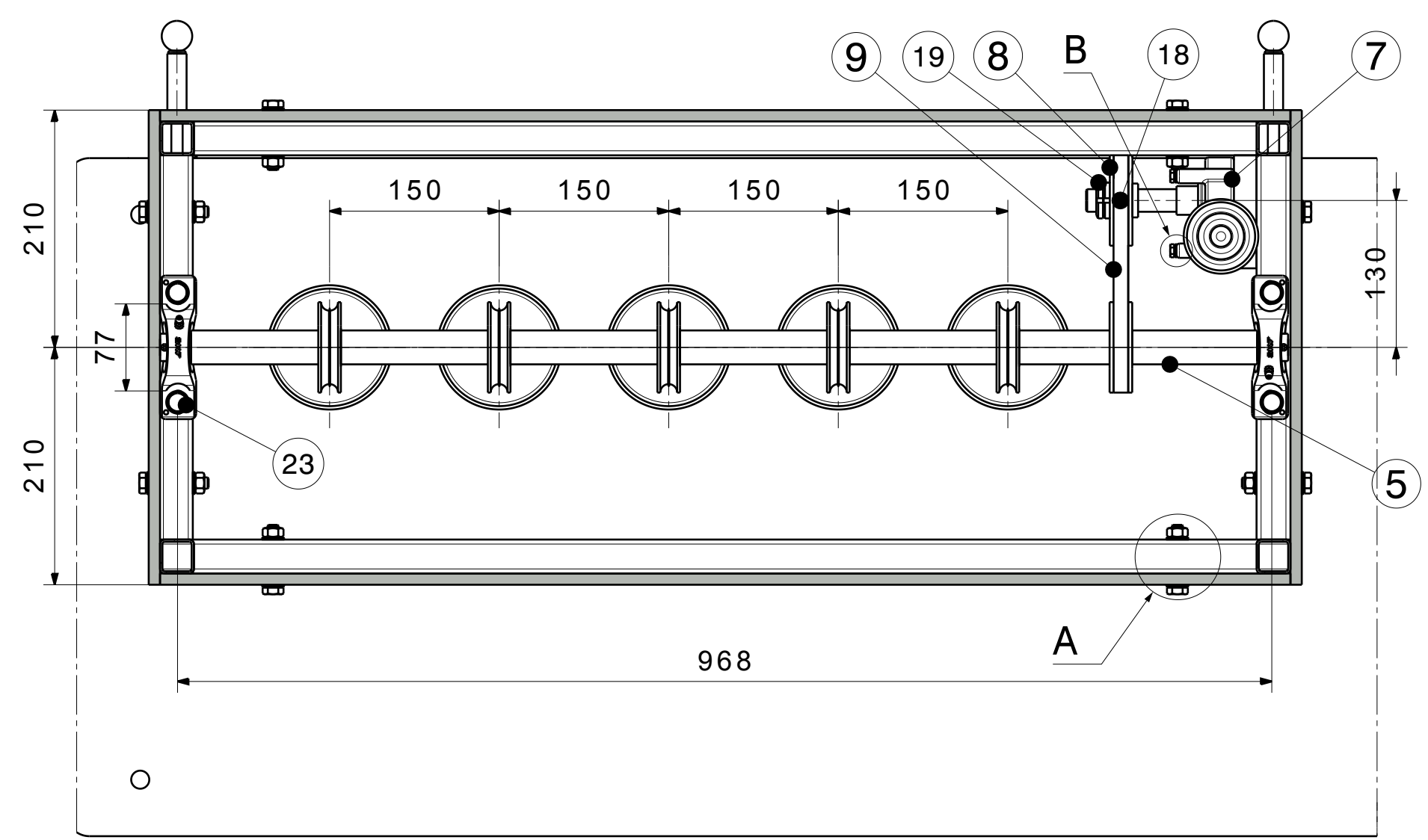
Прилог овог мастер рада садржи детаљну техничку документацију потребну за израду и монтажу описаног лабораторијског уређаја за испитивање корозије цикличним испитивањем.



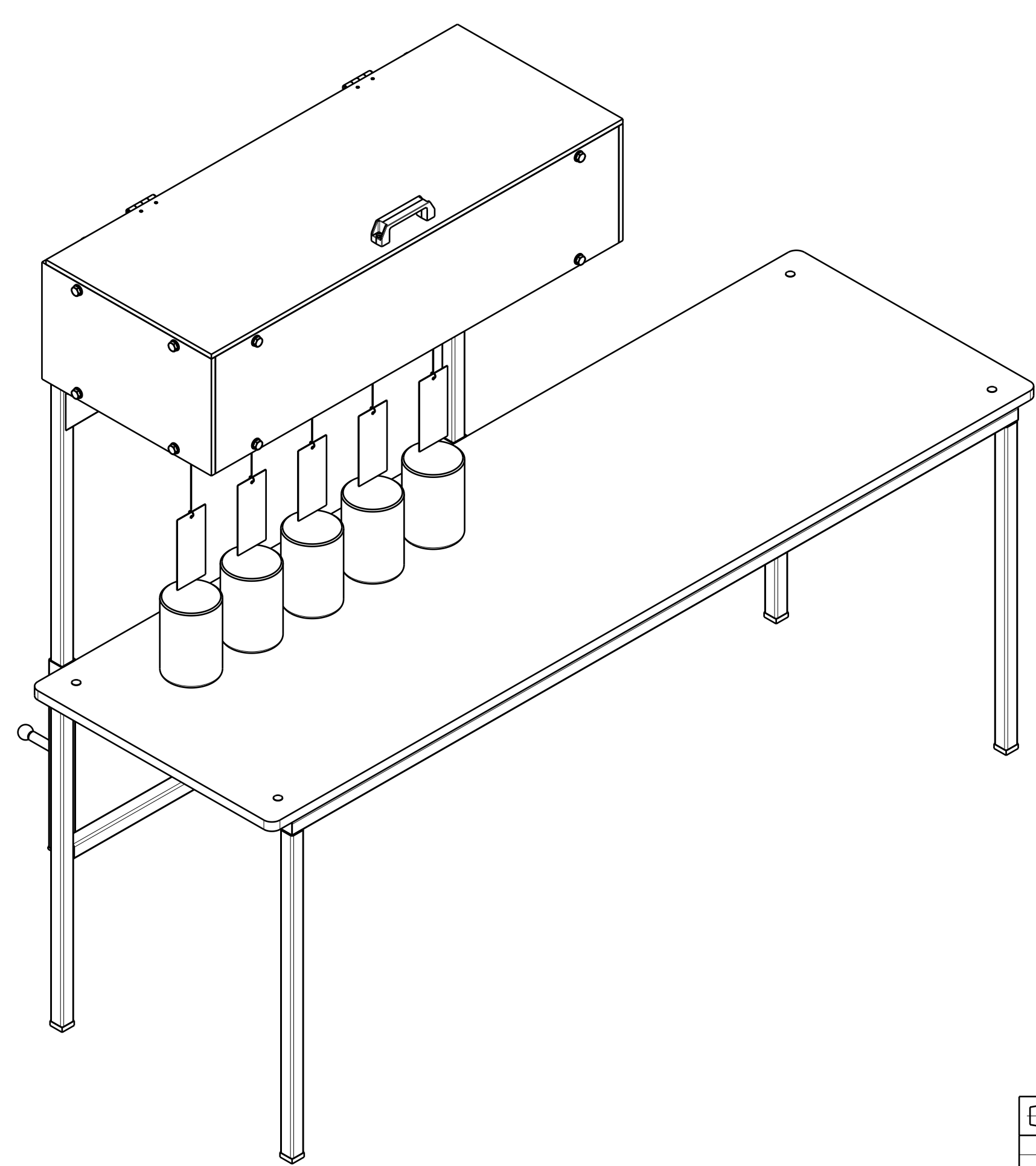
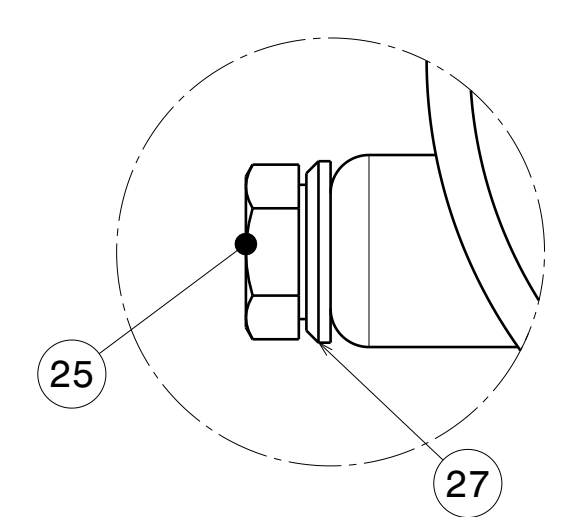
Detalj A
Razmera 1:1



A-A
Razmera 1:5

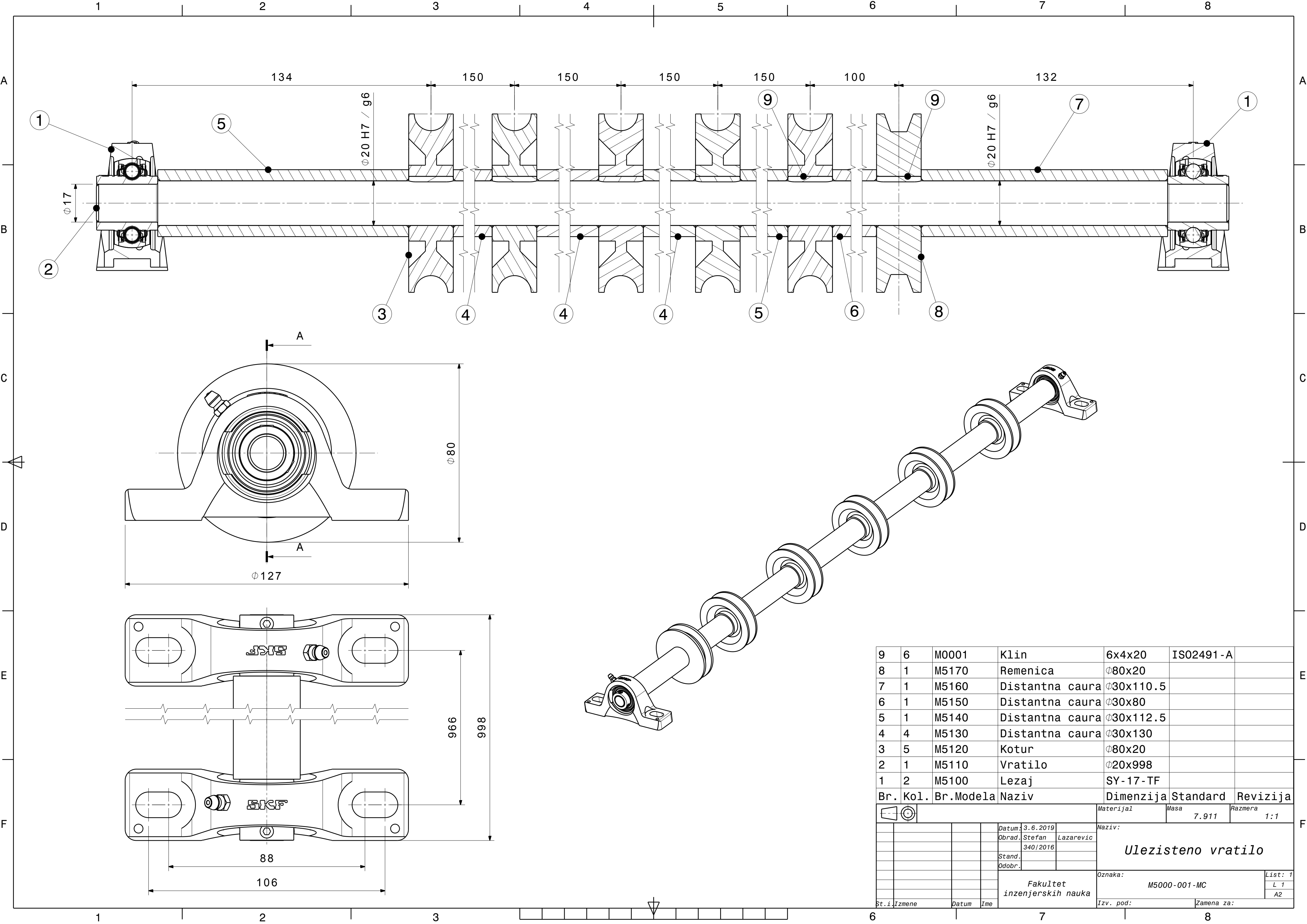


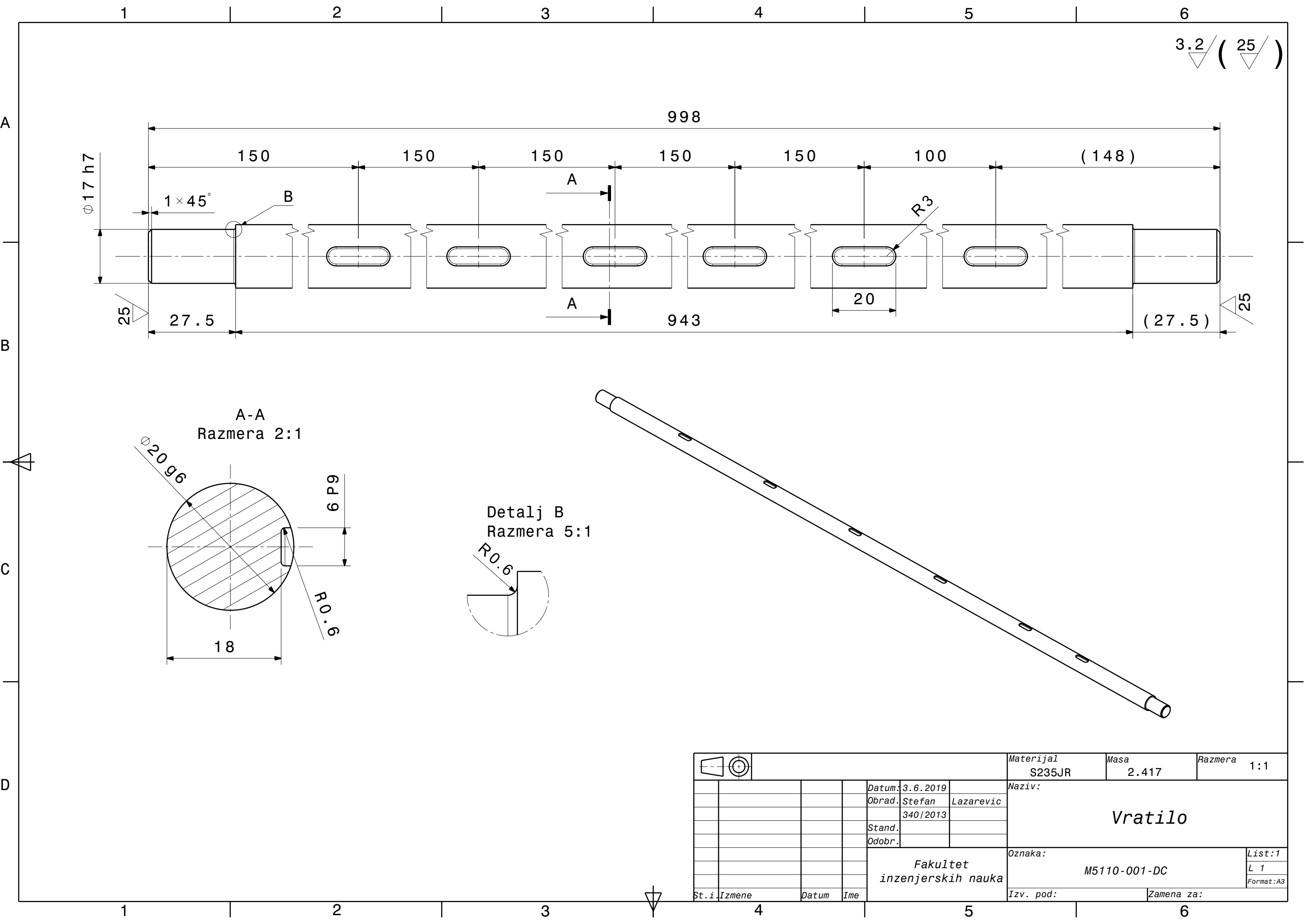
Detalj B
Razmera 2:1



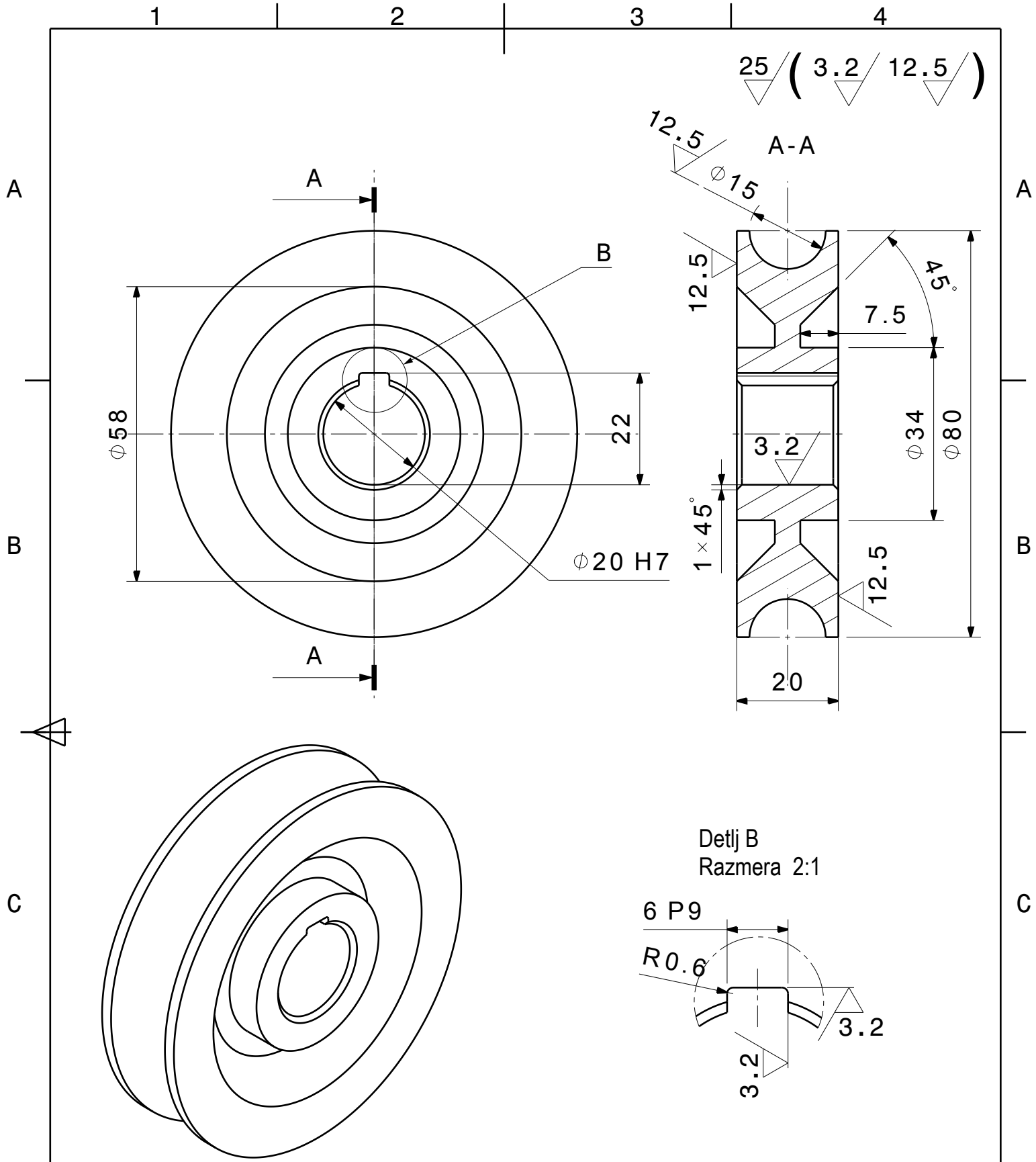
				Materijal	Masa 67.341	Razmera 1:10
Datum: 10.3.2019				Naziv: Uredjaj za ispitivanje koroziije		
Obrad: Stefan Lazarevic				Oznaka: M0000-001-MS		
Stand: 340/2016				Izv. pod: Zamena za:		
Odobr:				Fakultet inzenjerskih nauka		
St.i. izmene				L2 A1		

	1		2		3		4	
A	27	3	M0010	Podloska	6	ISO 7090		
	26	2	M0009	Vijak	M8x14	ISO 1207		
	25	3	M0008	Vijak	M6x60	ISO 4017		
	24	8	M0007	Vijak	M6x10x4.8	ISO 7046-1		
	23	4	M0006	Vijak	M10x60	ISO 4014		
	22	20	M0005	Navrtka	M10	ISO4032		
	21	16	M0004	Vijak	M10x55	ISO 4014		
	20	41	M0003	Podloska	10	ISO 7090		
	19	2	M0002	KM Nvrtka	M20x1x26	ISO 2982-2		
	18	1	M0001	Klin	6x4x20	ISO 2491-A		
B	17	5	M0210	Uzorak				
	16	5	M0200	Posuda				
	15	5	M0190	Uze				
	14	1	M0180	Zastita				
	13	1	M0170	Rucka				
	12	1	M0160	Vrata				
	11	1	M0150	Zastita				
	10	2	M0140	Zastita				
	9	1	M0130	Kaisnik				
	8	1	M0120	Remenica				
C	7	1	M0110	Motor				
	6	2	M6000	Sarka				
	5	1	M5000	Ulezisteno vratilo				
	4	1	M4000	Ram				
	3	2	M3000	Mehanizam za zabravljivanje				
	2	1	M2000	Nadogradnja za sto				
	1	1	M1000	Postojeci sto				
	Br.	Kol.	Br.Modela	Naziv	Dimenzije	Standard	Revizija	
					Materijal	Masa	Razmera	
					Naziv: Uredjaj za ispitivanje koroziije			
				Oznaka: M0000-002-MS				List:2
								L2
								A4
St.i	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:			Zamena za:	
1				2	3		4	

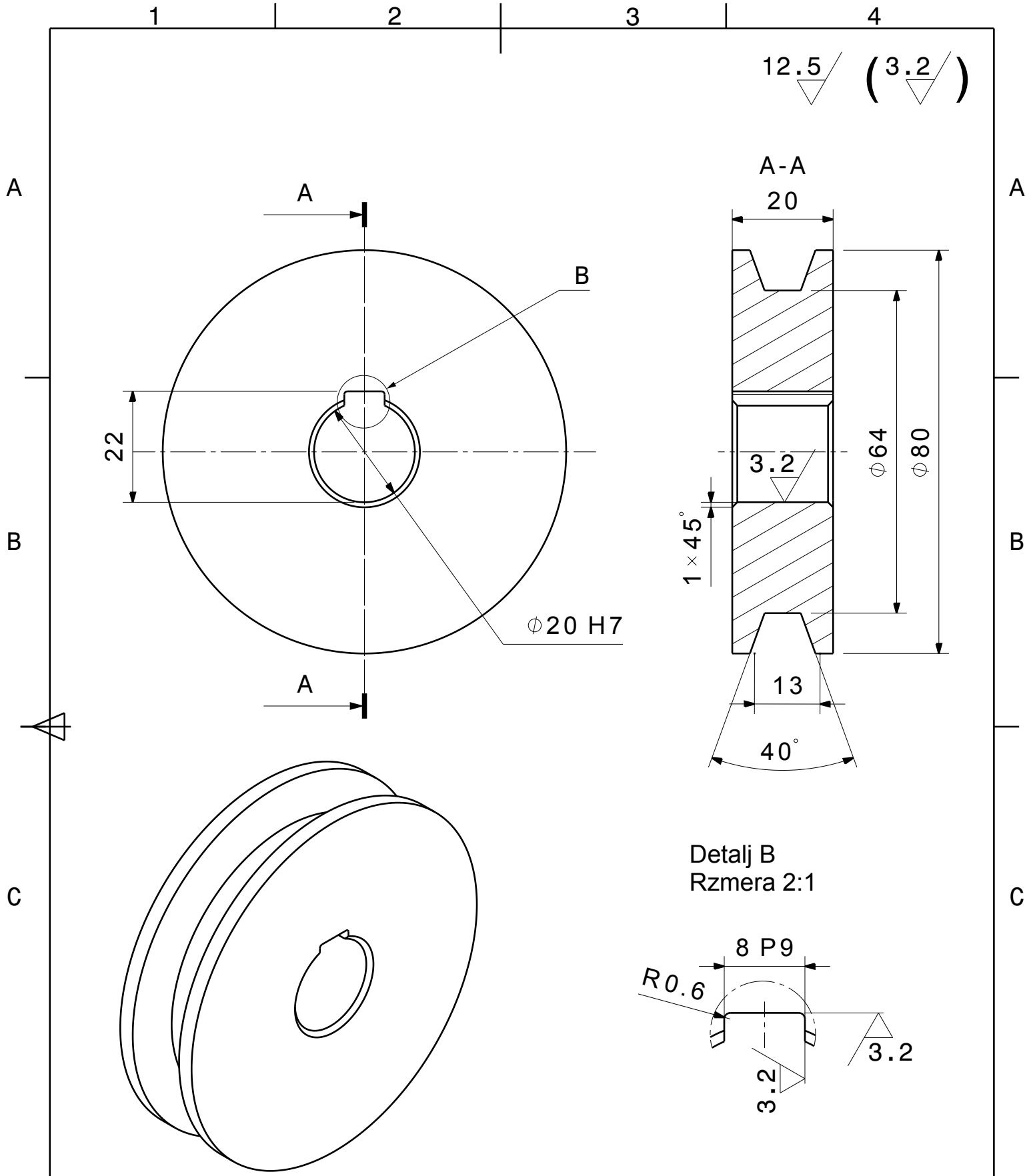




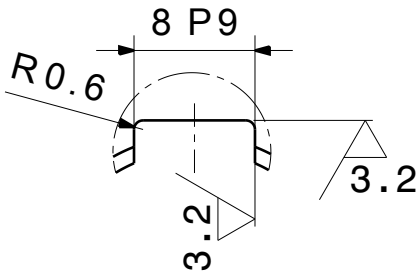
				Materijal S235JR		Masa 2.417	Razmera 1:1
				Datum:	3.6.2019	Naziv: Vratilo	
				Obrad.	Stefan Lazarevic		
					340/2013		
				Stand.			
				Odobr.		Oznaka: M5110-001-DC	
				Fakultet inženjerskih nauka		List:1 L 1 Format:A3	
St.i.	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:		Zamena za:	

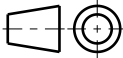


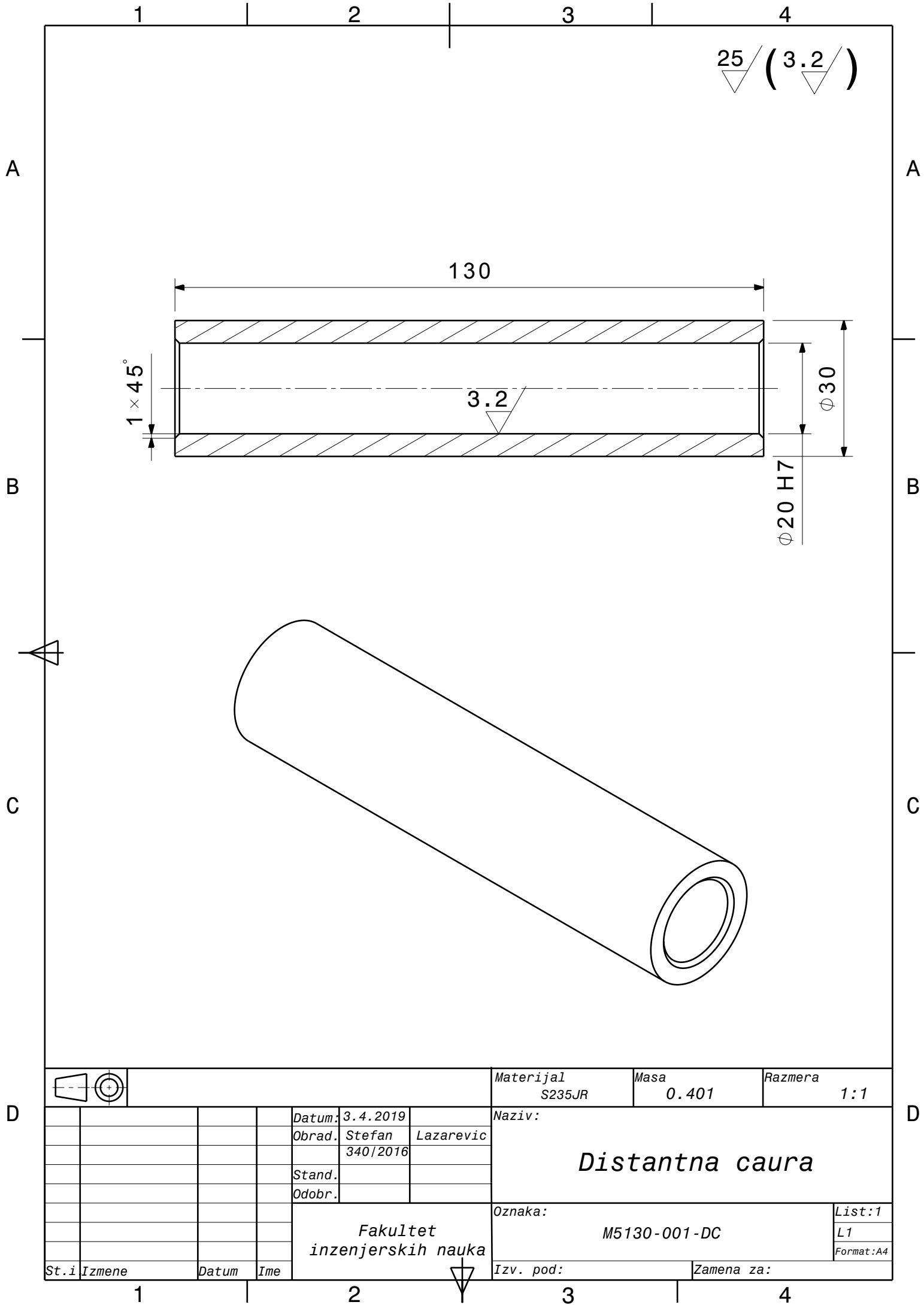
				Materijal S235JR		Masa 0.447	Razmera 1:1
				Datum. 3.4.2019		Naziv: Tocak	
				Obrad. Stefan Lazarevic			
				340/2016			
				Stand.			
				Odobr.			
				Fakultet inzenjerskih nauka		Oznaka: M5120-001-DC	
						List:1	
						L1	
						Format:A4	
St.i		Izmene		Datum		Ime	
1				2		3	
						4	
				Izv. pod:		Zamena za:	

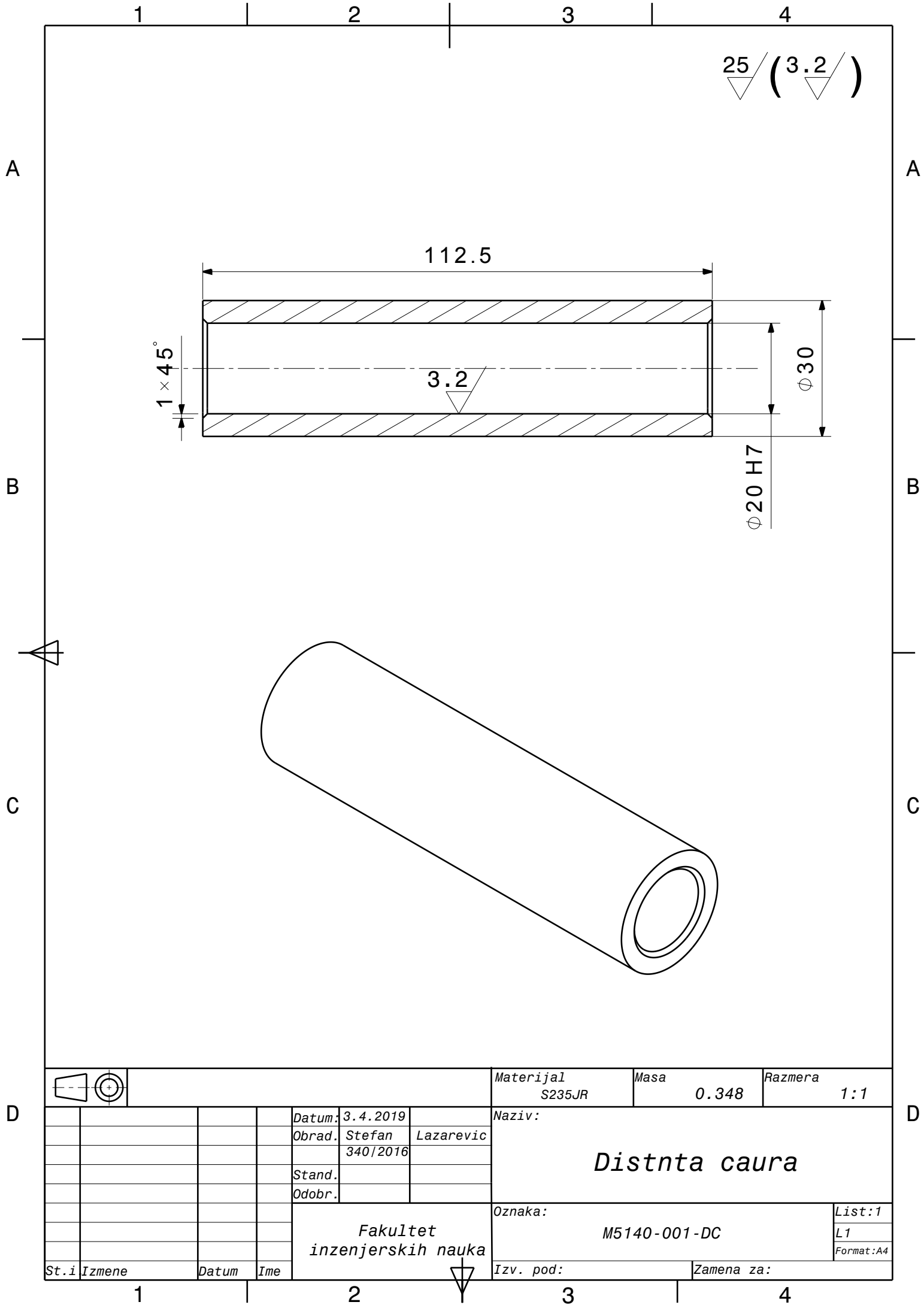


Detalj B
Rzmera 2:1



				Materijal S235JR		Masa 0.592	Razmera 1:1
			Datum: 3.4.2019	Naziv:			
			Obrad. Stefan Lazarevic	Remenica			
			340/2016				
			Stand.				
			Odobr.	Oznaka:			
			Fakultet inzenjerskih nauka		M5170-001-DC		List:1
							L1
St.i	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:		Zamena za:	
1				3		4	





4

$$\frac{25}{\nabla} \left(\frac{3.2}{\nabla} \right)$$

A

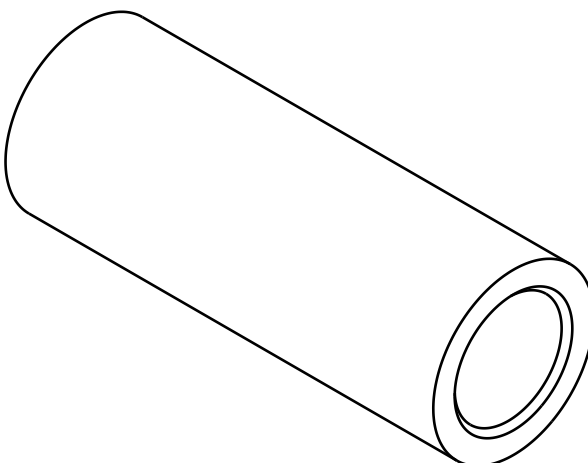
 $1 \times 45^\circ$

3.2

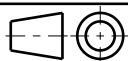
30

Ø 20 H7

B



C



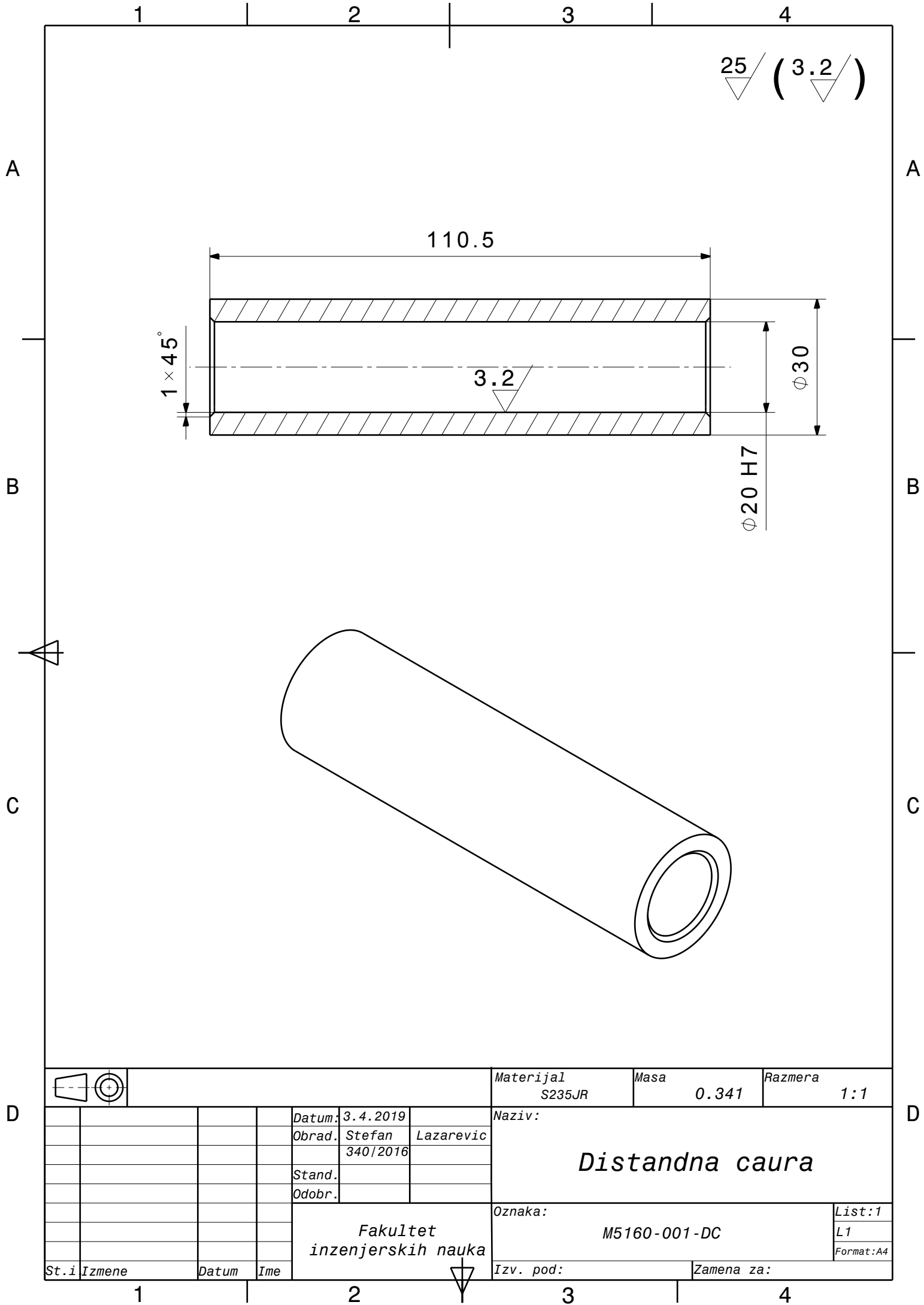
Razmera	1:1
---------	-----

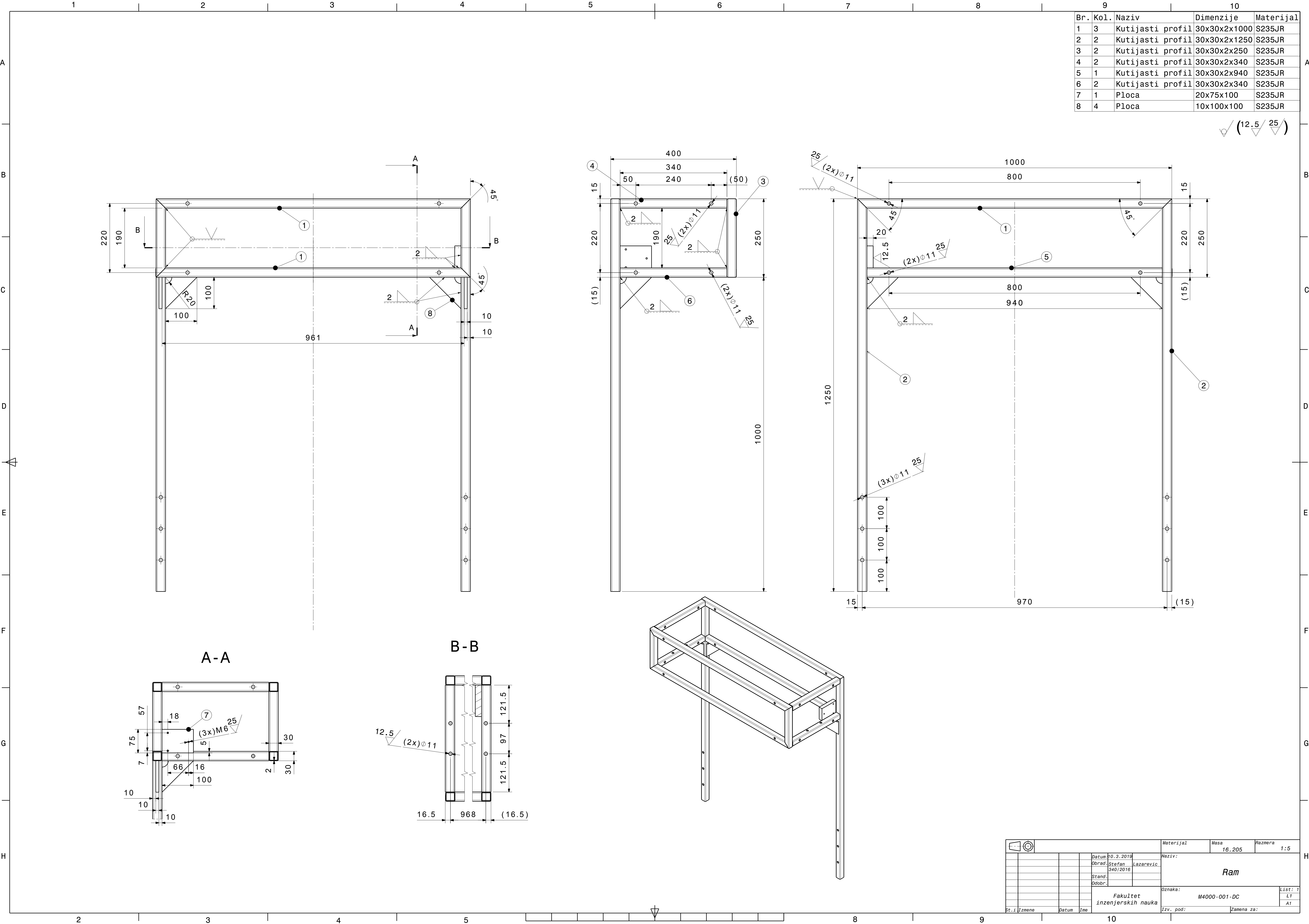
Naziv: *Distantna caura*

List:1
L1
Format:A4

Izv. pod:	Zamena za:
-----------	------------

4





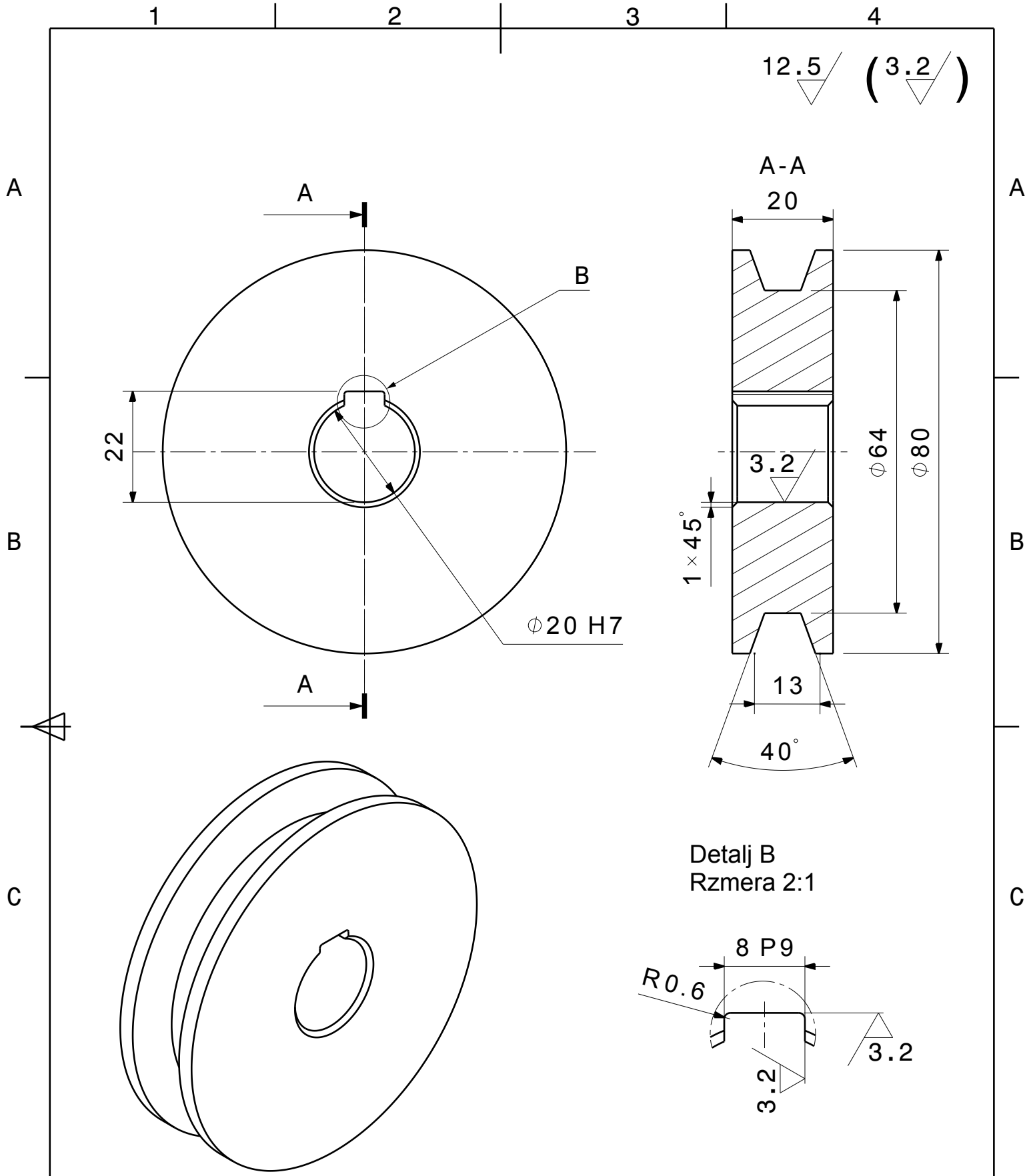
Br.	Kol.	Naziv	Dimenzije	Materijal
1	3	Kutijasti profil	30x30x2x1000	S235JR
2	2	Kutijasti profil	30x30x2x1250	S235JR
3	2	Kutijasti profil	30x30x2x250	S235JR
4	2	Kutijasti profil	30x30x2x340	S235JR
5	1	Kutijasti profil	30x30x2x940	S235JR
6	2	Kutijasti profil	30x30x2x340	S235JR
7	1	Ploca	20x75x100	S235JR
8	4	Ploca	10x100x100	S235JR

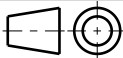
12.5 / 25

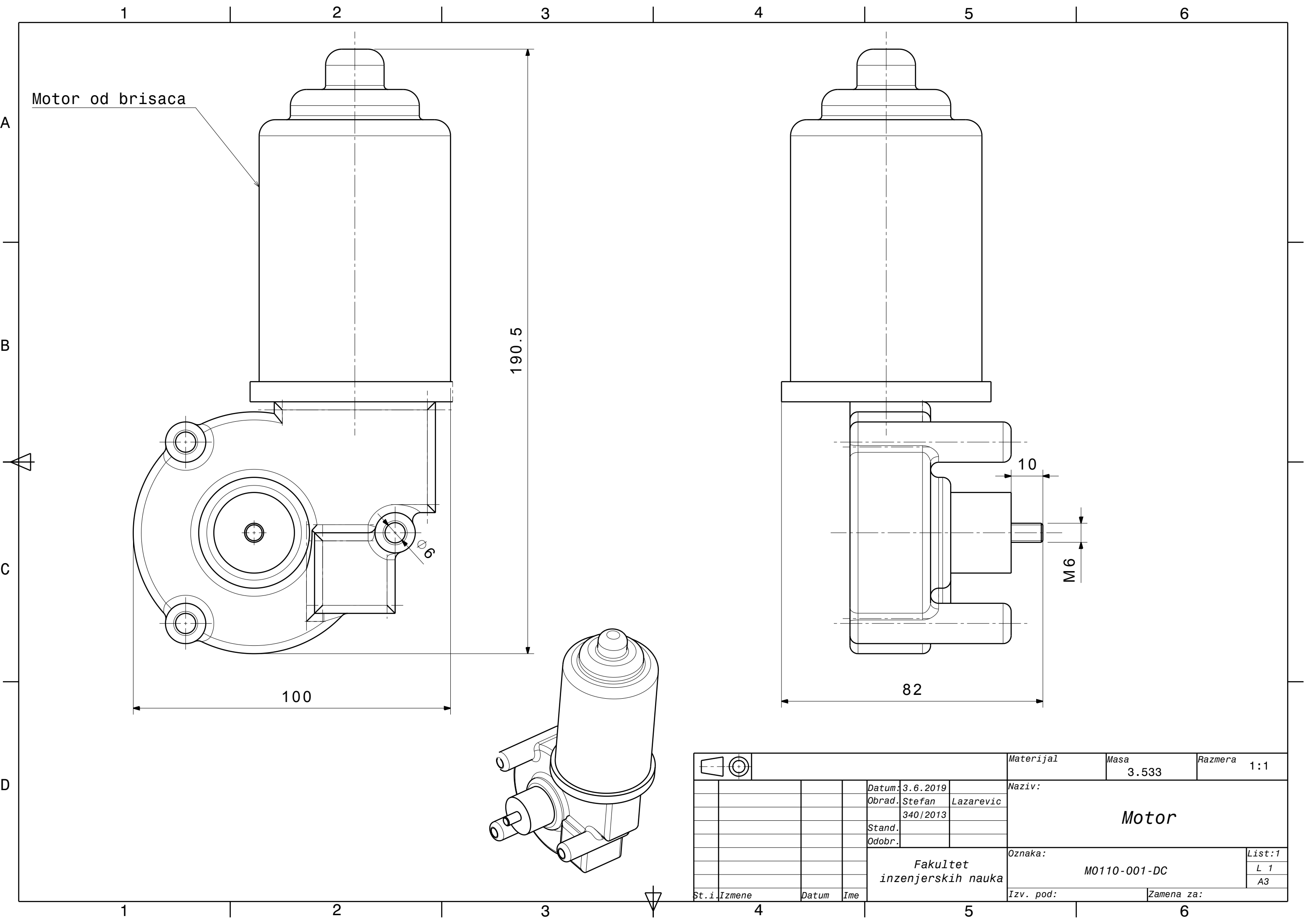
A-A

B-B

Datum: 10.3.2019				Materijal	Masa	Razmera
Obrad: Stefan Lazarevic				Naziv:	16.205	1:5
Stand: 340/2016				Ram		
Odobr:				Oznaka:	M4000-001-DC	List: 1
Fakultet inženjerskih nauka				Izv. pod:	Zamena za:	L1
St.i. izmene				A1		



				Materijal S235JR		Masa 0.592	Razmera 1:1
			Datum: 3.4.2019	Naziv:			
			Obrad. Stefan Lazarevic	Remenica			
			340/2016				
			Stand.				
			Odobr.	Oznaka:			
			Fakultet inzenjerskih nauka		M0120-001-DC		List:1
							L1
St.i	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:		Zamena za:	
1				3		4	



Motor od brisaca

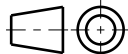
190.5

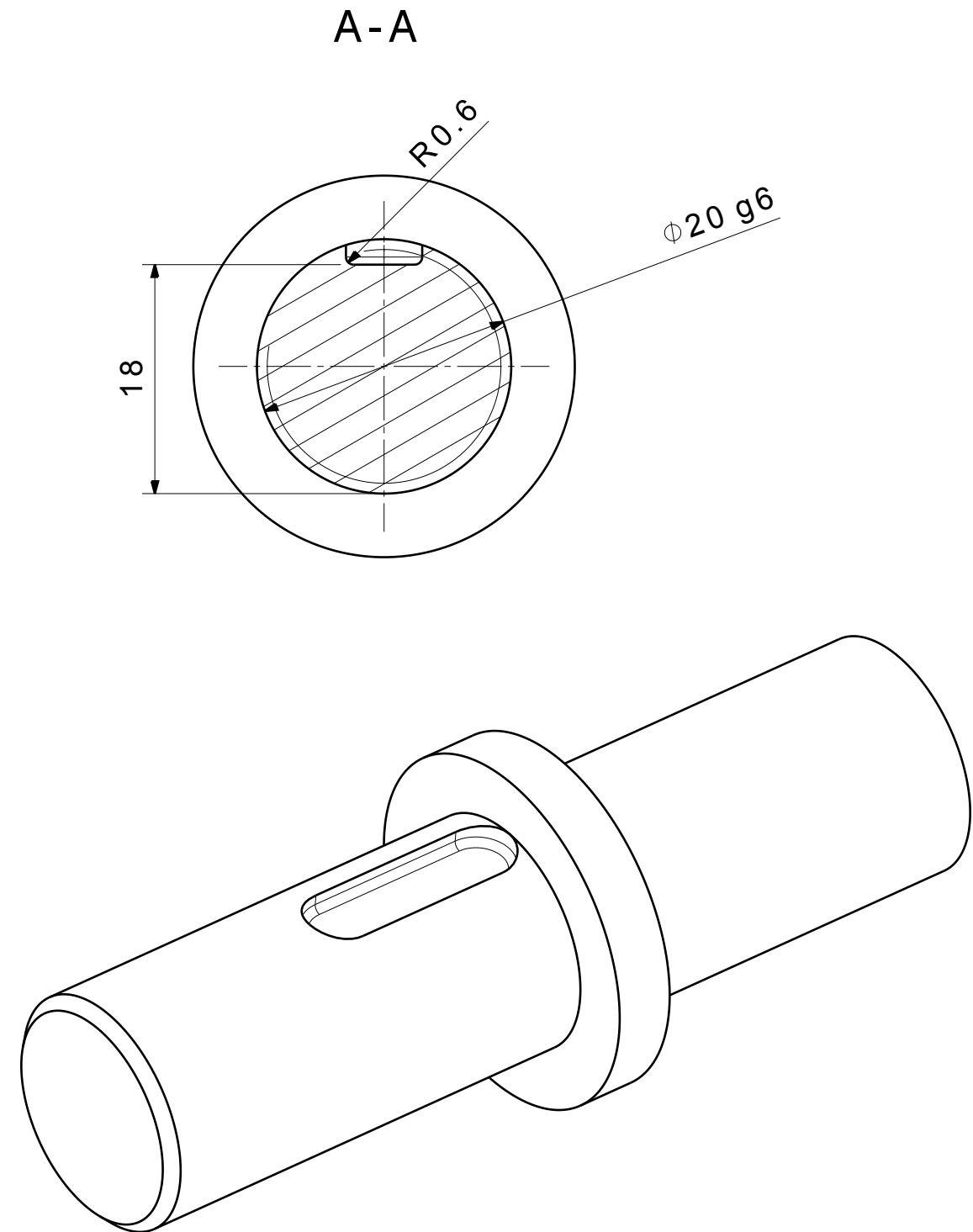
100

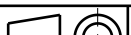
82

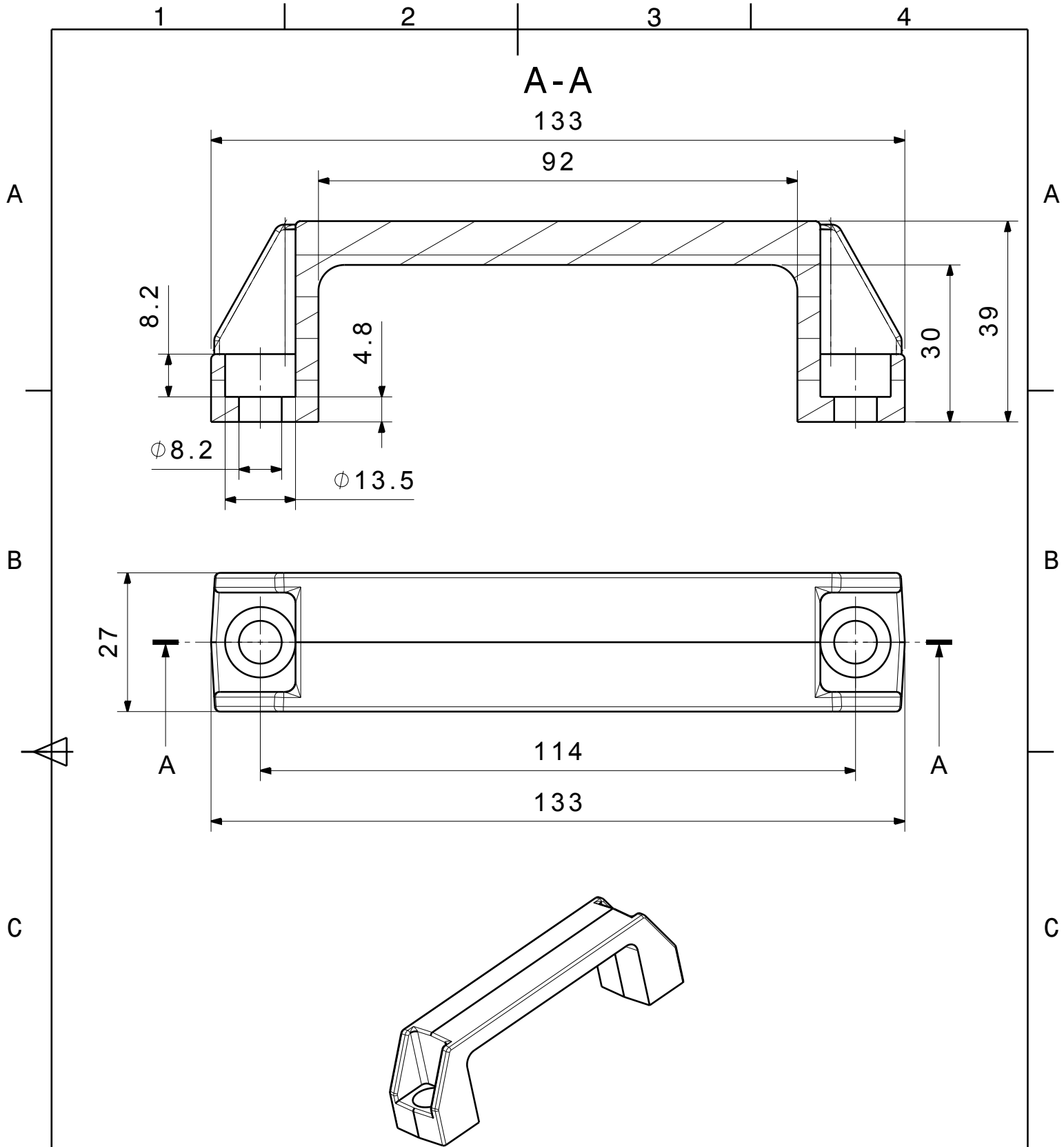
10

M6

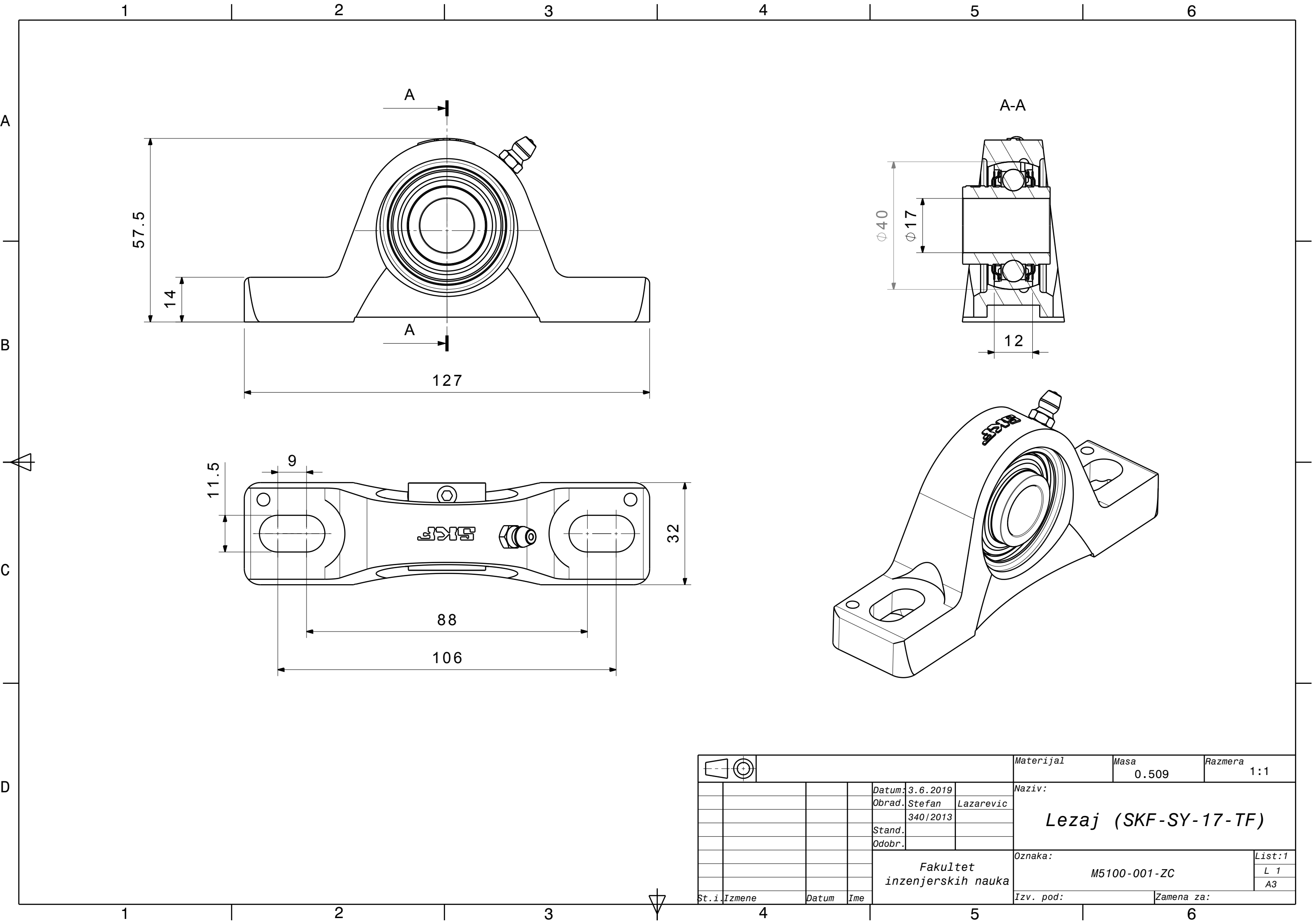
				Materijal		Masa 3.533	Razmera 1:1
				Datum:	3.6.2019	Naziv: 	



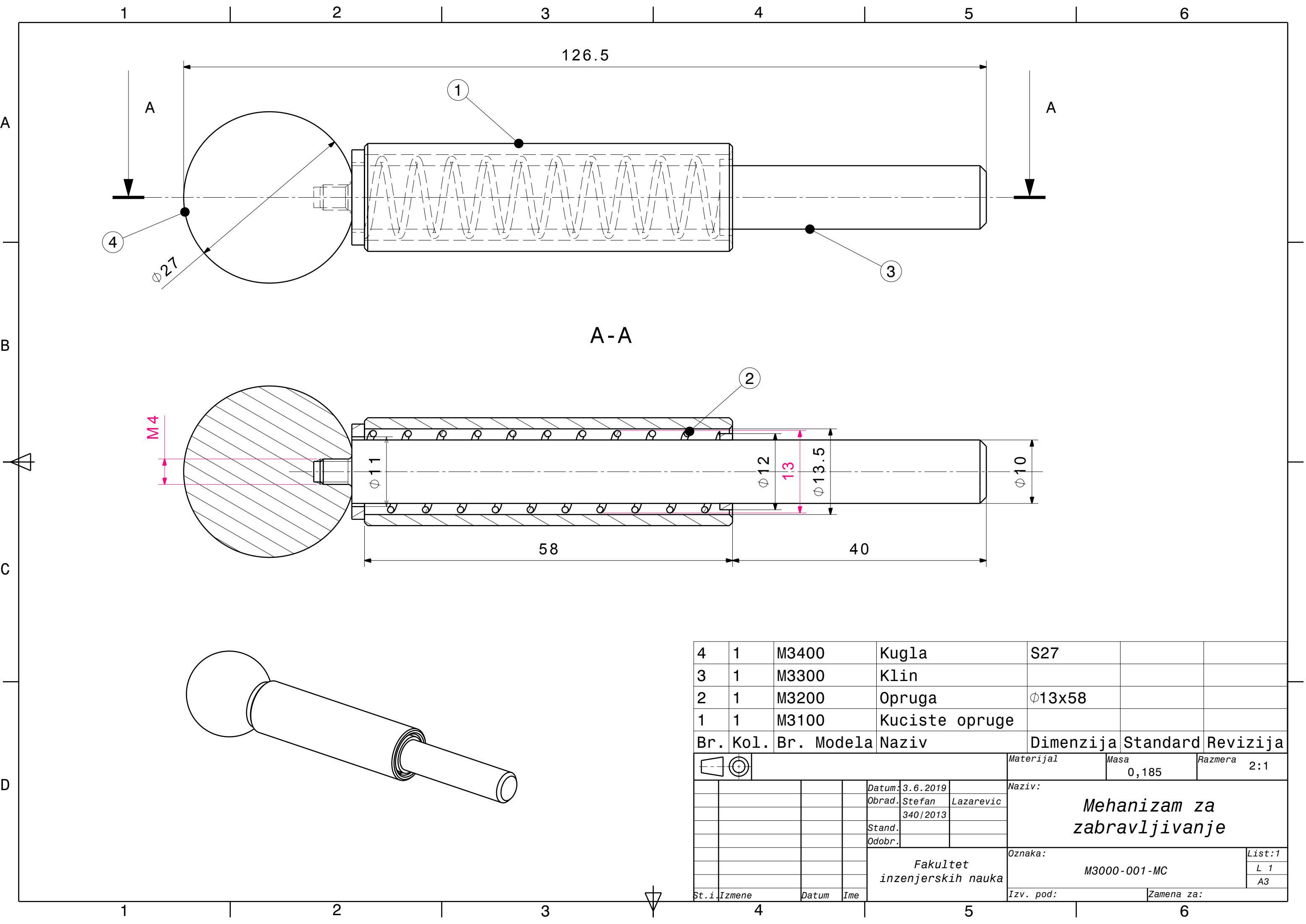
				Materijal S235JR		Masa 0.209	Razmera 2:1
				Datum: 3.6.2019		Naziv: Osovina motora	
				Obrad. Stefan	Lazarevic		
					340/2013		
				Stand.			
				Odobr.			
				Fakultet inženjerskih nauka		Oznaka:	List: 1
						M0220-001-DC	L 1
							A3
St.i.	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:			Zamena za:



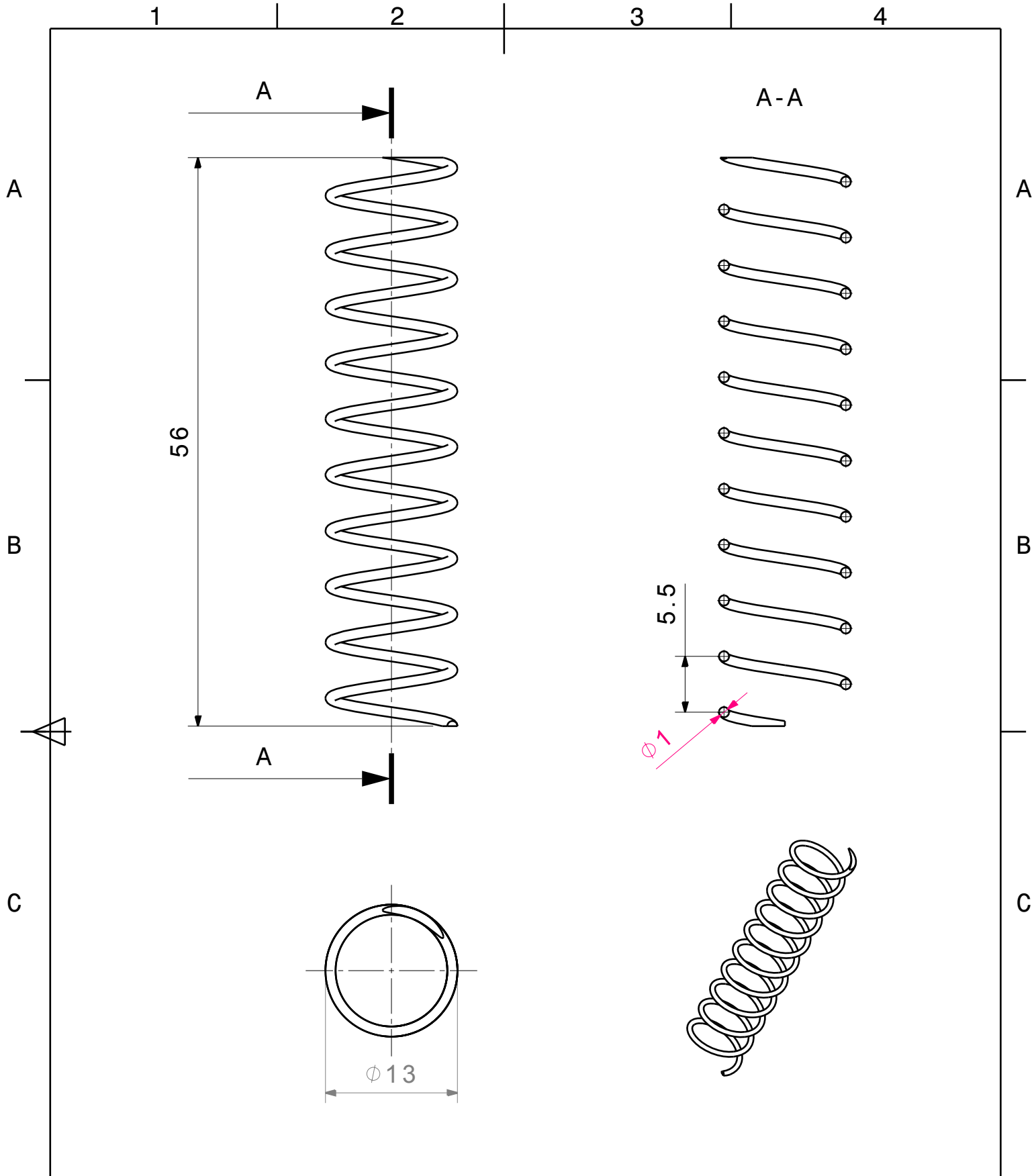
				Materijal Plastika		Masa 0.047	Razmera 1:1	
				Datum:	3.4.2019	Naziv: Rucka		
				Obrad.	Stefan Lazarevic 340/2016			
				Stand.				
				Odobr.				
				Fakultet inzenjerskih nauka		Oznaka:		List:1
						M017-001-ZC		L1
								A4
St.i		Izmene		Datum	Ime	Izv. pod:		Zamena za:
1				2		3		4



				Materijal			Masa 0.509	Razmera 1:1
				Datum:	3.6.2019		Naziv: Lezaj (SKF-SY-17-TF)	
				Obrad.	Stefan	Lazarevic		
					340/2013			
				Stand.				
				Odobr.			Oznaka: M5100-001-ZC	
				Fakultet inzenjerskih nauka			List:1 L 1 A3	
St.i. Izmene		Datum	Ime	Izv. pod:			Zamena za:	



4	1	M3400	Kugla	S27		
3	1	M3300	Klin			
2	1	M3200	Opruga	Ø13x58		
1	1	M3100	Kuciste opruge			
Br. Kol.	Br. Modela	Naziv	Dimenzija	Standard	Revizija	
			Materijal	Masa 0,185	Razmera 2:1	
				Datum:	3.6.2019	
				Obrad.	Stefan Lazarevic	
					340/2013	
				Stand.		
				Odobr.		
				Fakultet inzenjerskih nauka		
				Oznaka:	M3000-001-MC	List:1
						L 1
						A3
St.i.Izmene		Datum	Ime	Izv. pod:	Zamena za:	



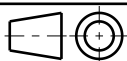
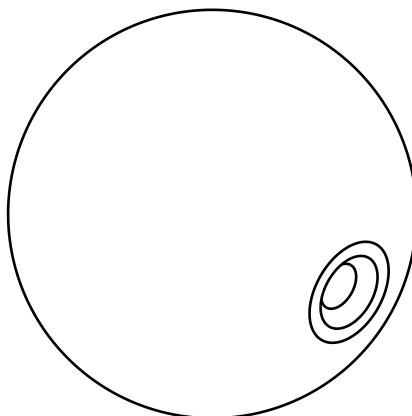
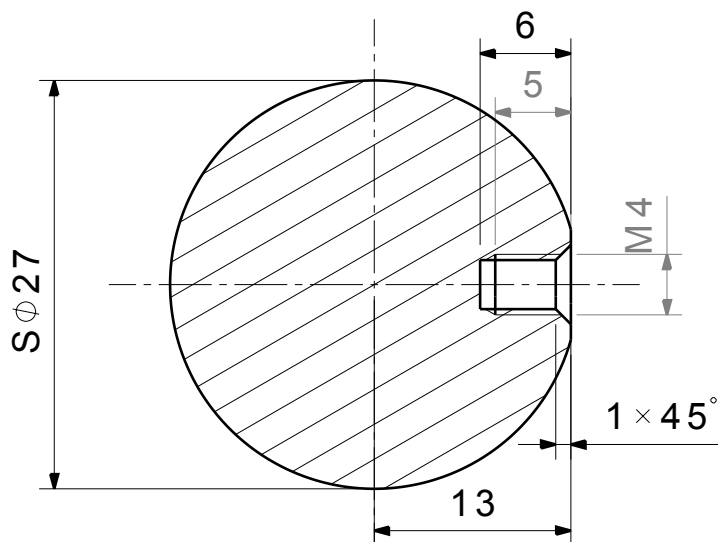
				Materijal S235JR		Masa 0.002	Razmera 2:1
				Datum:	3.4.2019	Naziv: Opruga	
				Obrad.	Stefan Lazarevic 340/2016		
				Stand.			
				Odobr.			
				Fakultet inzenjerskih nauka		Oznaka:	List:1
						M3200-001-DC	L1
St.i	Izmene	Datum	Ime			Izv. pod:	A4
1				2		3	4

A

B

C

D



Razmera	2:1
---------	-----

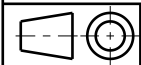
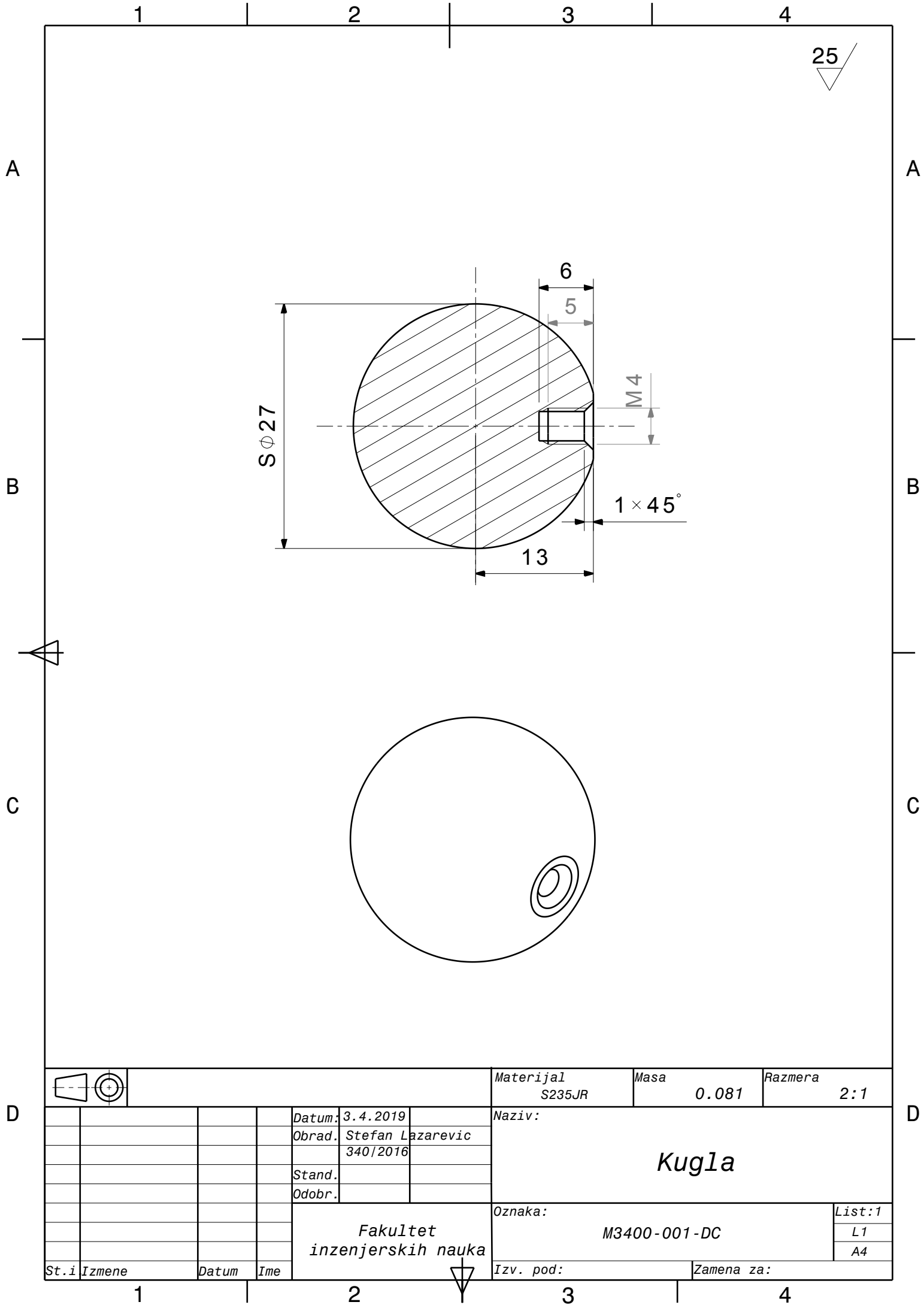
Naziv:	
--------	--

Kugla

Oznaka:	List:1
M3400-001-DC	L1
	A4

St.i	Izmene	Datum	Ime
------	--------	-------	-----

Izv. pod:	Zamena za:
-----------	------------



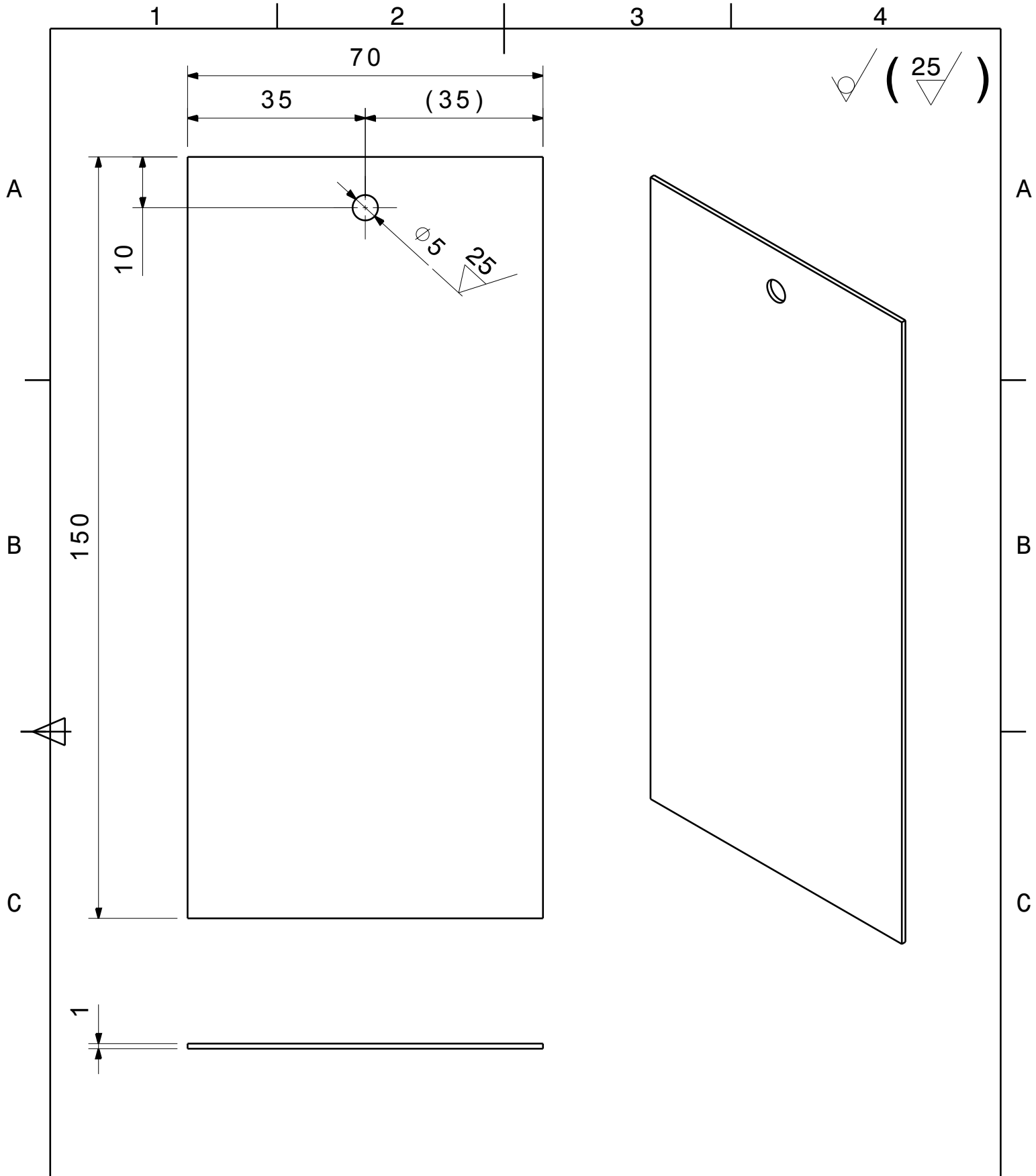
Materijal	Masa	Razmera
S235JR	0.081	2:1

Datum:	3.4.2019
Obrad.	Stefan Lazarevic
Stand.	340/2016
Odobr.	

Naziv:
Kugla

St.i	Izmene	Datum	Ime
------	--------	-------	-----

Oznaka:	List:1
M3400-001-DC	L1
	A4
Izv. pod:	Zamena za:



				Materijal Ugljenicni celik		Masa 0.082	Razmera 1:1
			Datum:	3.4.2019	Naziv: Uzorak		
			Obrad.	Stefan Lazarevic 340/2016			
			Stand.				
			Odobr.				
			Fakultet inzenjerskih nauka		Oznaka: M0210-001-DC		List:1
							L1
St.i	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod:		Zamena za:	
1				2		3	4