

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: CAD/CAM/CAE 1

Број индекса: 66/2015

Нина Р. Алексијевић
Моделирање склопова „Top Down“
приступом
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Горан Деведић, редовни професор
- 2.
- 3.

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**
Студијско подручје: **Производно машинство**

Име и презиме: **Нина Алексијевић**
Број индекса: **66/2015**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА:

Тема рада: **Моделирање склопова „Тор Довн“ приступом**

Задатак: У оквиру Завршног рада потребно је креирати склоп хидрауличног стола применом тзв. „Тор Довн“ приступа. У том смислу, неопходно је појаснити филозофију поменутог приступа и применити основне принципе на којима се заснива овај приступ (на примеру израде конкретног склопа). Потребно је извршити анализу повезаности између компоненти (под)склопа и дефинисати потребан број подсклопова. У зависности од броја подсколопова, треба креирати један или више скелетних модела. Креирати коначни склоп и генерисати пратећу техничку документацију у складу са стандардом.

Ментор:

Др Горан Девеџић, редовни професор

Захвалница

Захваљујем се ментору др Горану Девеџићу, редовном професору, на стручном вођењу кроз процес израде завршног рада.

Велику захвалност дугујем др Сузани Петровић Савић, доценту, за све савете и сугестије при изради овог рада.

Такође, захваљујем се својој породици на безрезервној подршци. Увек уз мене и за мене, они су ти који сваки мој успех чине комплетним.

Summary of work

Within this paper it was done a modeling of the hydraulic table approach „Top-Down“. At the beginning of the paper it was shown importance of the computer graphics in the machine structures. Within the paper it was explained the basic knowledge which are related with a given theme. Starting from the description of the model, model forms, it was carried and explained the division of the geometric models as well. In the paper was given and explained modeling of the parts and assemblies. Approach „Bottom-up“ it was shown and defined through detailed description of model making this kind of approach, the insight in the tool palette that can be used through modeling. The paper was based on showing and describing how „Top-down“ approach is working. The work is completed by the preparation of technical documentation, the work is complemented by the preparation of technical documentation for project elements, subassemblies and assembly. In that way comprehensiveness of „Top-Down“ Was achieved.

Key words

Modeling, skeleton model, „Top-Down“ approach, model, sketch, „Bottom-Up“ approach.

Резиме рада

У оквиру овог завршног рада извршено је моделирање хидрауличног стола приступом „Top-Down“. Уводним разматрањем приказана је важност рачунарске графике у машинским конструкцијама. Кроз рад су објашњена основна знања која су уско повезана са задатом темом. Почевши од описа модела, моделских форми, извршена и објашњена подела геометријских модела. У раду је наведено и објашњено моделирање делова и склопова. Приступ „Bottom-Up“ је представљен и дефинисан кроз детаљан опис стварања модела овом врстом приступа, дат је увид у палете алата које се употребљавају приликом моделирања. Рад је базиран на описивању и приказивању начина функционисања „Top-Down“ приступа. Моделирањем конкретног примера, пружена је могућност детаљног описа процеса приступа „Top-Down“. Представљена је техничка документација, израдом техничке документације за појединачне елементе, подсклопове и склоп. На тај начин постигнута је свеобухватност „Top-Down“ приступа.

Кључне речи

Моделирање, скелетни модел, „Top-Down“ приступ, модел, скица, „Bottom-Up“ приступ.

Садржај

1. Увод.....	1
2. Принципи САД технологија	2
2.1 Модел и моделирање	2
2.2 Моделске форме.....	3
2.3 Врсте геометријских модела.....	4
2.4 Геометријске моделске форме	7
3. Моделирање делова	8
3.1 Скелетни модели.....	9
4. Моделирање склопова	10
4.1 „Bottom-Up“.....	13
5. „Top-Down“ приступ	18
6. Техничка документација	31
Литература.....	35
Прилог.....	37

Попис слика

Слика 1 Човек за рачунаром	1
Слика 2 Косник.....	2
Слика 3 Жичани модел	4
Слика 4 Жичани модел 2	5
Слика 5 Површински модел	5
Слика 6 Запремински модел	6
Слика 7 Скелетни модел	9
Слика 8 Моделирање склопа	10
Слика 9 Хијарархијски нивои	11
Слика 10 Пример хијарархијског нивоа	11
Слика 11 Зупчаници	12
Слика 12 Приказ приступа „Bottom-Up“	13
Слика 13 Приступ.....	13
Слика 14 Избор оса.....	14
Слика 15 Избор алата	14
Слика 16 Палете	14
Слика 17 Падајући мени	15
Слика 18 Product	15
Слика 19 Увожење компоненти	15
Слика 20 Манипулација параметрима	16
Слика 21 Палета алата Constraints	16
Слика 22 Приказ приступа „Top-Down“	18
Слика 23 "Bottom-Up"и "Top-Down" приступ	21
Слика 24 Приступ.....	21
Слика 25 Падајући мени	22
Слика 26 Промена имена	22
Слика 27 Начин израде подсклопа	22
Слика 28 Начин израде скице	23
Слика 29 Начин израде скице 2	23
Слика 30 Носећа плоча-референтни модел	23
Слика 31 Стабло спецификације.....	24
Слика 32 Носећа плоча	24
Слика 33 Носећа плоча 2	24
Слика 34 Носећа плоча 3.....	25
Слика 35 Референтни модел- Покретна полуга 1.....	25
Слика 36 Покретна полуга 1.....	26
Слика 37 Покретна полуга 1.1.....	26
Слика 38 Покретна полуга 1.2.....	27
Слика 39 Референтни модел- Покретна полуга 2.....	27
Слика 40 Покретна полуга 2.....	27
Слика 41 Покретна полуга 2.1.....	28
Слика 42 Референтни модел- постоље	28

Слика 43 Постоље	29
Слика 44 Постоље 2	29
Слика 45 Маказе	29
Слика 46 Маказе 2	30
Слика 47 Маказе 3	30
Слика 48 Техничка документација	33
Слика 49 Техничка документација 2	33
Слика 50 Хидраулични сто- Маказе.....	34

1. Увод

С обзиром на данашњи тренд брзог развоја производа, пред конструкторе се постављају све већи захтеви како у погледу усавршавања конструкција тако и у погледу брзине прорачуна, израде техничке документације и др. Разлог зашто се све више примењује рачунарска техника и рачунарски програми (слика 1).



Слика 1 Човек за рачунаром

Технологија утиче на све аспекте људске делатности, зато је интересовање за њеним развојем последњих година приметно. Савремени процеси у пројектовању базирају се на примени рачунарске технологије. Рачунари су омогућили аутоматизацију различитих процеса чиме су знатно смањили грешке и подигли квалитет, што директно утиче на повећање друштвене производности уз истовремено смањење трошкова пословања. Један од људских делатности где је видљив развој технологије је процес развоја производа. Пројектовања процеса, ради постизања више продуктивности, остварују се помоћу рачунара (Computer Aided Design), скраћено названо CAD. У оквиру кога се реализује и израда техничке документације (Computer Aided Design Drafting- CADD).

Увођење рачунара у машинским технологијама представља прекретницу у развоју машинства. Примена рачунарске графике је разноврсна и примењује се у великом спектру области, у машинству реализује се кроз геометријско моделирање. Моделирање се може дефинисати и као скуп логичких активности који у апликацијама за САА (Computer Aided Analysis- монтажа помоћу рачунара) израђује прорачунски модел конструкције. Термин геометријско моделирање односи се на поступак при коме се делови креирају комбинацијом запреминских објеката како би се добио 3D машински део. Геометријско моделирање је релативно нова технологија која је напредовала последњих педесет година, паралелно са развојем рачунарске графике. Срж примене је управо рачунарска представа реалног производа, што омогућава конструктору да ефикасније приступи решавању постављених задатака. Запремински 3D модели садрже највише података о објекту. Они обухватају интегрисане математичке податке о површинама, ивицама и запремини објекта, омогућавају одређивање површине пресека, запремине дела, положаја тежишта итд. Осим за визуелизацију и производњу, податке које садржи запремински модел може да се искористи и за пројектне прорачуне [1].

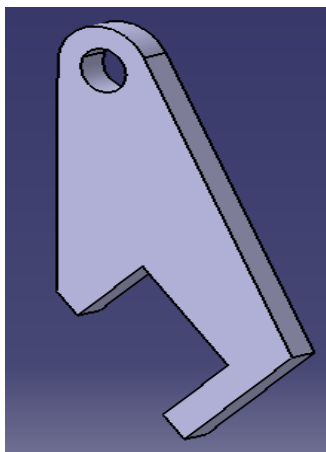
2. Принципи CAD технологија

Рад CAD система заснива се на [2]:

- Креирању модела,
- Примени моделских форми,
- Параметарском дефинисању моделских форми и модела,
- Примени релација,
- Примери односа родитељ-дете,
- Асоцијативности модела, и
- Визуелној комуникацији.

2.1 Модел и моделирање

За прецизно приказивање пројекта у инжењерском пројектовању одувек су се користили модели. Развој рачунарских технологија је довео до формирања „модела“ као производа везаног за рачунар и до термина „компјутерско моделирање“. Моделирање објеката у рачунарској графици представља формирање објекта (модела) рачунаром. Модел је основни предмет рада у CAD-у, дефинисан је као рачунарска представа (репрезентација) реалног производа или процеса. Геометријски модел је рачунарска представа геометријских, димензионих и тополошких карактеристика производа. Израда тродимензионалних модела помоћу рачунара обилује бројним предностима, које се огледају кроз ефикасност пројектанта при изради модела због повећане природности и сагледавања реалног модела, што код пројектанта подстиче додатну креативност. Такви модели знатно олакшавају накнадни процес компјутеризоване производње делова. Модели су корисни у различитим фазама пројектовања производа, јер омогућавају да се производ анализира и да се боље сагледа његова физичка природа, без прављења макете. Формиран модел се може употребити за израду конструктивне документације, за графичке приказе и за разне инжењерске анализе. Велика предност рачунарског моделирања је та што омогућава да се направи модел са којим је лакше радити измене него са правим физичким моделом, чиме се смањују трошкови развоја производа. Моделирање је скуп метода којима се, посредством рачунара, дефинишу геометријска, функционална, материјална, естетска и друга својства објекта [2], [3].



Слика 2 Косник

Полазећи од раванске пројекције (дводимензионалне, 2D) врши се моделирање тродимензионалног производа. Приказано примером на слици 2. При стварању модела од великог значаја су модули за скицирање који савремени CAD програмски пакети поседују. Током рада оне омогућавају лако мењање и дорађивање, јер пројектант је фокусиран на почетку израде на стварање задатог облика, а тек након тога се уводе димензије и остала функционална ограничења која одликују дати производ. Модификација ограничења је могућа у било ком тренутку током развоја конструкције [4].

2.2 Моделске форме

Стварање модела се постиже помоћу моделских форми, које се моделу додају кроз моделске операције. Моделске операције се огледају кроз додавање или одузимање материјала, као и додавању специфичних карактеристика. Моделска форма је елементрани геометријски, инжењерски, технолошки и производни облик и карактеристика, односно особина објекта који се моделира, од којих је сачињен и који га одликују [2].

Како би се створила моделска форма неопходно је креирати скицу њене раванске пројекције. Раванске скице су основа за свако моделирање у простору. Скица је дефинисана као: равански (2D) објекат који представља профил, тј. раванску пројекцију, основног (базног) облика моделске форме, референтна линија или скуп геометријских ентитета којима је дефинисано правило генерисања моделске форме [2] [3].

Основне моделске форме се могу поделити:

- геометријске моделске форме,
- инжењерске моделске форме,
- технолошке моделске форме,
- производне моделске форме, и
- моделске форме знања.

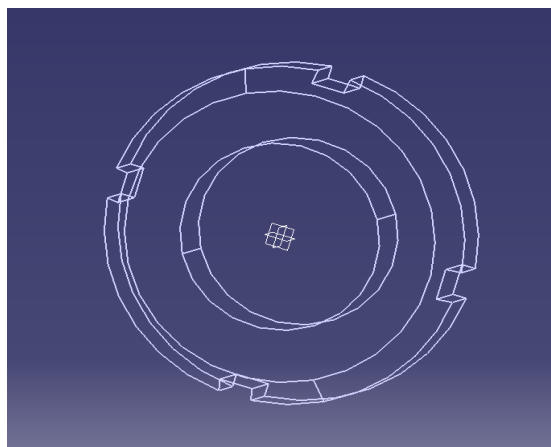
2.3 Врсте геометријских модела

Геометријски модел има своју физичку форму (у простору то је машински део), апстрактну форму у облику цртежа, информациону форму (хијарархија елемената) и унутрашњу форму у бази података. Геометријско моделирање је представљено као техника коју користима за описивање облика модела [2].

Приликом моделирања, односно рачунарског пројектовања производа, извршена је подела на три основне врсте модела:

- жичани модел,
- површински модел, и
- запремински модел.

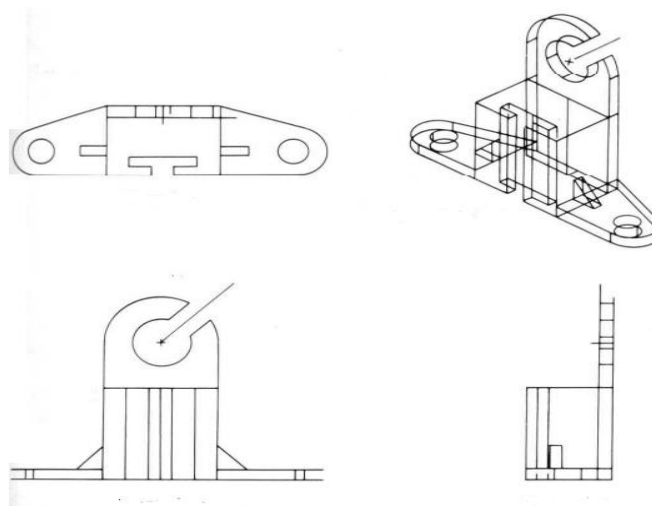
Један од најједноставнијих метода креирања 3D објеката је њихово конструисање из скупа линија које представљају равне ивице које идентификују његове главне геометријске особине. Познат као жичани модел, јер изгледа као да је објекат конструисан од жице. Жичани модели су модели производа представљени само контурним ивицама. Овај модел дефинише елементарна својства објекта: контуру (форму) објекта, оријентацију у односу на окружење и функцију у склопу. Код ове врсте модела све линије су подједнако видљиве, постављене тако да је положај горње, односно доње линије тешко препознати, што може изазвати забуну приликом тумачења, које може бити двосмислено (Слика 3) [5], [6].



Слика 3 Жичани модел

Важну улогу остварују приликом пројектовања сложене геометрије, применом линија, тачака и координатних система могуће је створити основни облик, који се касније додавањем контурних површина у запремине преводи у коначну форму [4].

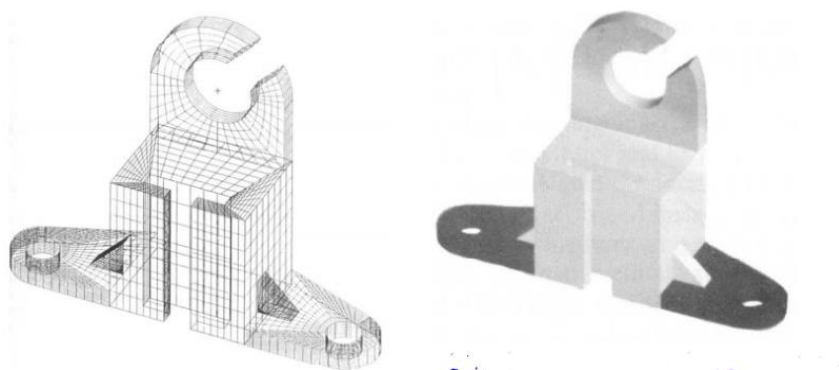
Помоћу жичаног модела (слика 4), модел који се приказује је без скривених линија, по чему су карактеристични за брзо оперисање моделом. Могу се користити за анализу коначних елемената, као и улаз за CNC машине приликом генерисања једноставних делова [5].



Слика 4 Жичани модел 2 [3]

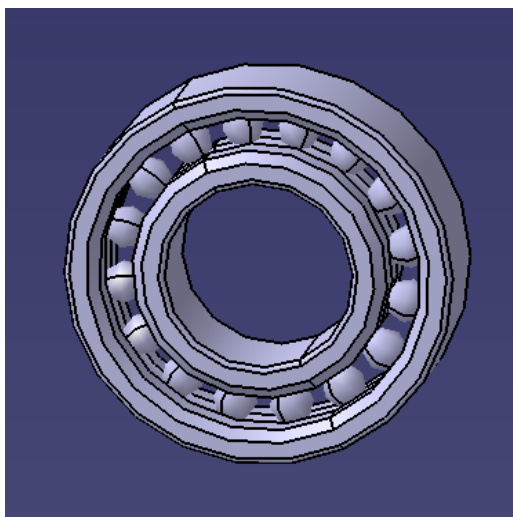
Због недостатка информација о површини и запремини модела, он има ограничену примену у производњи. Немају гаранцију да је дефиниција модела тачна, комплетна или обрадива [3].

Површински модели су описани теменим тачкама, граничним ивицама и граничним површинама (скупом тачака на површинама). Пример приказан сликом 5. Захваљујући површинском моделу омогућена је видљивост графичких ентитета, формирање јасне техничке документације, као и формирање пресека елемента у склопу. Стиче се представа о изгледу реалног производа, иако поседују недостатак приликом детаљнијег разумевања модела, јер површински модели дају непотпун приказ сложених објеката произвољног облика и не поседују податке о унутрашњости модела. Предност се огледа кроз њихову примену у међуфазама које воде ка стварању финалног модела. У савременом пројектовању велика пажња се поклања естетици самог модела, површински модели не поседују масу или врсту материјала, чиме омогућавају реалнију визуелизацију модела, па се њихова погодност огледа у презентацији модела. Својства површине модела попут храпавости, боје се могу доделити и приказати [3].



Слика 5 Површински модел [3]

Запремински модели су модели представљени својим контурним ивицама, површинама и „материјализованом“ запремином коју формирају контурне ивице и површине. Запремински модели се такође могу креирати употребом 2D скицираних профила за креирање техничких елемената, као што су екструзије, „депови“, осовине, „ребра“, итд. Када се говори о запреминском моделу занемарују се сви недостаци које поседују жичани и површински модели, јер поседују најреалистичнији приказ модела. Пример запреминског модела дат сликом 6. Код ове врсте модела простор је „материјализован“, односно испуњен [7].



Слика 6 Запремински модел

Елементи модела могу бити асоцирани (повезани) један са другим да би се приказала топологија модела. Запремински модели садрже највише података, чиме је примењиваност већа. Веома су важни при креирању производа, јер се постављају високи захтеви у погледу естетике. Обухватају интегрисане математичке податке о површинама, ивицама и запремини објекта, омогућују одређивање површине пресека, запремине дела, момената инерције, положаја тежишта. Осим за визуелизацију и производњу, подаци које садржи запремински модел могу се искористити за генерисање CNC кода и симулацију [5], [7].

2.4 Геометријске моделске форме

Захваљујући геометријским моделским формама остварено је формирање облика, димензија и тополошких карактеристика модела [2].

Категорије геометријских моделских форми:

- ❖ **основне (базне) моделске форме:**
 - **запреминске ГМФ,**
 - **референтне равни,**
 - **референтни координатни систем,**
 - **референтна функционална или релациона зависност,**
 - **помоћне ГМФ, и**
 - **кориснички дефинисане ГМФ;**
- ❖ **допунске, конструкционе или корисничке моделске форме;**
- ❖ **везане (зависне) моделске форме;**
- ❖ **помоћне (референтне) моделске форме.**

Међусобна зависност геометријских моделских форми може бити:

- родитељ-дете (engl. „parent – child relationship“)

Зависност одређена редоследом формирања моделских форми или скалања делова у (под)склоп и њиховом међусобном повезаношћу назива се однос „родитељ-дете“ [2], [4].

Приликом модификације „родитељске“ моделске форме изазива се прилагођавање свих моделских форми типа „дете“, док обрнути процес се не дешава. „Родитељске“ моделске форме могу постојати без „деце“, што је супротно немогуће [2], [4].

- геометријска

Ова врста зависности базира се на међусобном односу између појединих моделских форми, везама које постоје између њих, чиме се на тај начин дефинише њихова условљеност и егзистенција. Она постоји такође и међу елементима склопова. Геометријске зависности се задају путем тзв. ограничења као што су: паралелност, управност, колинеарност, тангентност, концентричност, симетричност, коинцидентност [2], [4].

- димензиона

Дефинише везе појединих димензионих карактеристика моделских форми и модела у целини [2], [4]. Задаје се на три начина:

- директно,
- индиректно- увођењем димензионих и геометријских ограничења,
- индиректно- релационом зависношћу.

3. Моделирање делова

Моделирање је скуп метода којима се, посредством рачунара, дефинишу геометријска, функционална, материјална, естетска и друга својства објекта. Моделирање делова применом моделских форми представља данас најшире распрострањену CAD технологију. Креирање сложених модела се на релативно лак начин може остварити, не обазирјући се на комплексност машинског елемента, јер моделирање представља поступак који има више или мање универзалан ток. Моделирање делова се састоји од неколико корака, а то су:

- формирање скица - започиње избором равни скицирања;
- креирање моделских форми - остварује се применом одговарајуће моделске операције над скицом, при чему треба нагласити да над једном скицом је могуће извршити више моделских операција. Моделу се могу додати или одузети материјал, док моделске форме моделу увек додају. Моделске операције омогућавају пројектанту олакшан рад посредством модификација моделских форми. Употребљавају се приликом креирања површинских модела [4].

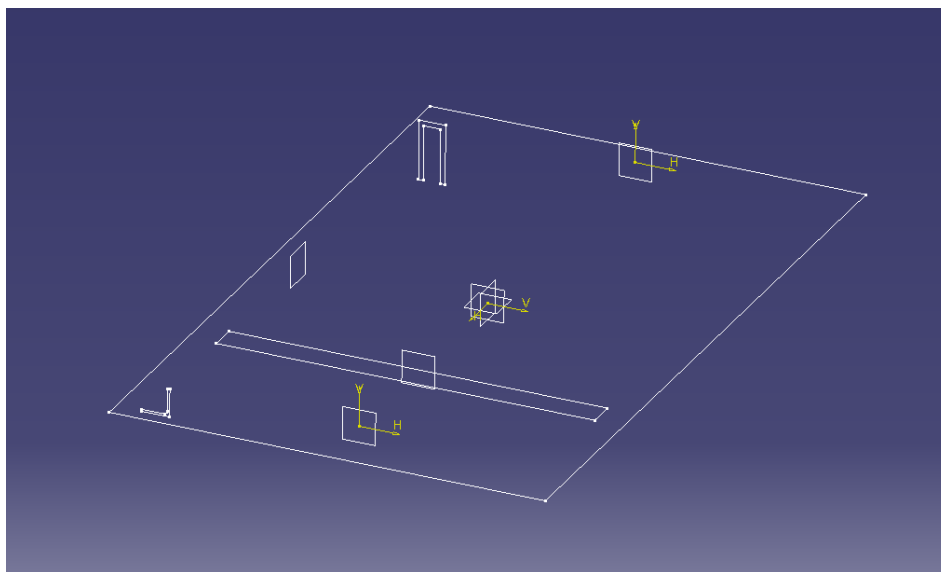
Основне моделске операције су:

- извлачење (екструдирање),
- ротација,
- извлачење по путањи,
- извлачење кроз различите пресеке,
- израда отвора,
- обарање ивица,
- заобљавање ивица,
- креирање ребра,
- креирање нагиба,
- креирање кутијастих облика,
- пресликавање,
- умножавање,
- скалирање, и
- компоновање моделских форми у део.

Суштина компоновања моделских форми базира се на додавању допунских моделских форми базној. Допунске моделске форме могу бити попут конструкционих, корисничких [4].

3.1 Скелетни модели

Скуп генеричких енититета који дефинишу геометријске и димезионе зависности модела назива се скелетни модел. Скелетни модели на једноставан и директан начин омогућавају стварање (под)склопа. Скелет је садржан од групе спецификација неког модела, јер обухвата функционалне карактеристике целог модела. Спецификације су домену геометрије површине, геометрије жичаног модела (тачка, линије, раван), параметри, координатни системи (Слика 7). Поменути параметри односе се на параметризацију скелетног модела, коришћењем референце за директну или индиректну параметризацију. Варирањем параметара који дефинишу скелетне елементе врши се анализа кретања механизма [4], [8].



Слика 7 Скелетни модел

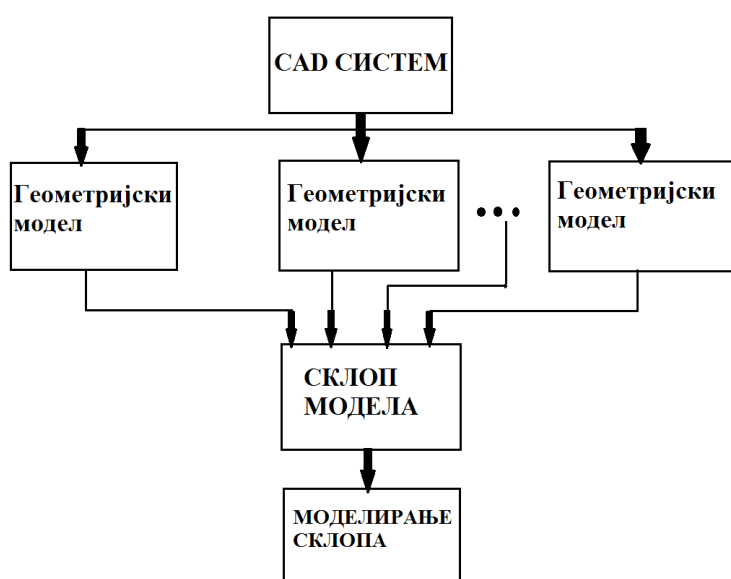
Главни разлог конструисања скелетног модела је свеобухватност кључних информација које поседује на једном месту. Главна предност скелетног моделирања је што се све информације чувају на једном месту и преносе се на структуру производа. Сваки део или (под)склоп је ограничен скелетним моделом, он је везан за читаву конструкцију производа. Просторна ограничења су јасно дефинисана унутар скелетног модела и она осигуравају да не дође до нежељених промена, чиме је успостављена контрола критичних делова и димензија. Конструктори могу радити на различитим деловима модела, при чему се све потребне информације чувају у заједничком скелету. Скелетним моделом омогућена је промена дизајна, наиме, врше се измене појединачних компоненти или (под)склопова, што конструктору приликом моделирања омогућава истраживања у погледу алтернативних решења. Измене дизајна које се врше у скелетном моделу се ажурирају у моделима приликом модификације. Тиме се повећава ефективност, креативност приликом стварања модела без чврстих или површинских модела, што доводи до стварања базе производа на бржи и једноставнији начин. Водећи се постојећим предностима, скелетни модел је пронашао огромну примену у индустрији [4], [8].

Скелетни модел производа представља скуп конструкционих елемената који се као референтни користе у процесима генерисања геометрије и осталих елемената зкупне дефиниције модела производа [4].

4. Моделирање склопова

Машинске конструкције које су сачињене од најмање две компоненте представљају склоп. Склоп је од велике важности у процесу развоја производа, он представља скуп међусобно спојених компоненти и ограничења међу њима. Компоненте склопова могу бити појединачни машински елементи, или пак, подсклопови. Велику практичност остварују у тимском раду, јер је могуће вршити моделирање склопова одвојено, тј. склопне делове пројектантни могу одвојено да израђују. Приликом измене делова модификација се аутоматски врши [4], [9].

Сликом (8) је приказано да моделирање склопа пројектант може појединачно да израђује делове, на тај начин може да анализира одвојено делове. Креирање склопова из делова захтева одређивање просторног ограничења и везе међу деловима. Анализа склопа укључује проверу сметњи које постоје [4], [9].



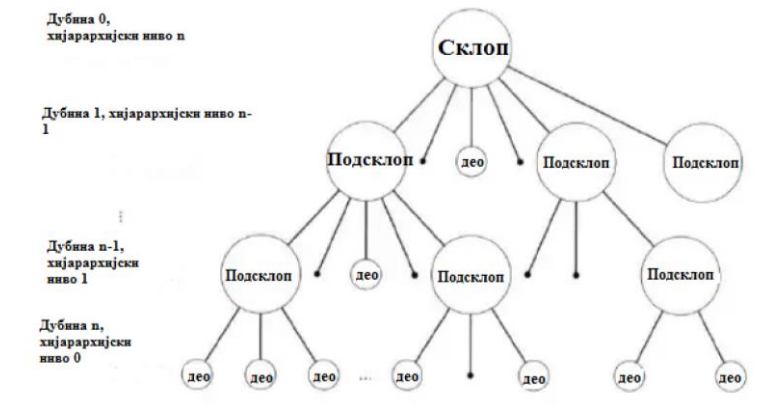
Слика 8 Моделирање склопа [9]

Моделирање склопова представља наставак моделирања делова. При моделирању делова води се рачуна да елементи од којих се састоји модел, везе међу њима, обезбеде формирање подсклопа, као и финалног склопа који ће имати задату функцију [4], [9].

Склоп представља скуп независних делова. Како би се утврдило да ли се неки део помера, неопходно је да компоненте склопа буду међусобно просторно и позиционо ограничене, као и да између делова постоји хијарархијска структура. Тиме су наведене најважније карактеристике које треба да поседује. Како би се исправност и прописност приликом редоследа додавања делова (подсклопова) поштовала, неопходно је истаћи значај убацивања компоненти које образују склоп. Наиме, од исправности редоследа убацивања елемената зависи монтажа елемената реалним околностима. Најприроднији начин креирања склопа користи хијарархијски приступ у коме се одржавају стварни односи делова у склопу [9], [10].

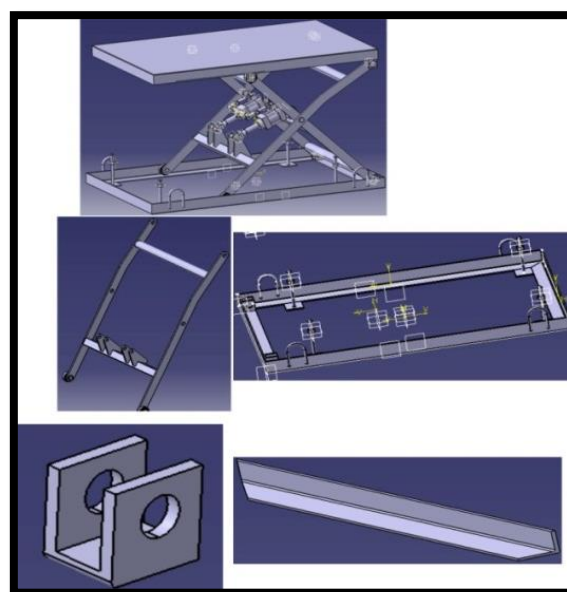
Хијарархијска структура склопа може се представити у облику стабла модела склопа, који се у основи састоји:

- корена, који представља склоп у целини,
- грана, као веза међу компонентама,
- чворова, у облику индивидуалних целина склопа, и
- лишћа, које чини компоненте



Слика 9 Хијарархијски нивои [9]

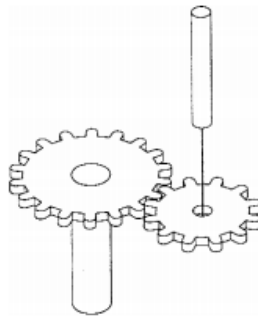
На основу приказа (Слика 9), склоп је подељен на неколико подсклопова, који се налазе на различитим хијарархијским нивоима и састоји се од различитих делова. Компоненте хијарархиског нивоа везане су гранама. Склоп се налази на самом врху стабла, на n-том хијарархијском нивоу. Чвором је представљен подсклоп или појединачни део. Лишће чине подсклопови и/или појединачни делови. На слици 10 је приказан израђен пример хијарархијске структуре, он обухвата све наведене компоненте почевши од склопа као крајњег производа, подсклопова као саставни део склопа и њихових најмањих партија (делова) од којих је склоп сачињен [9].



Слика 10 Пример хијарархијског нивоа

Након успостављања хијарархије међу деловима, од велике важности је правилно постављање у простору један у односу на други. Као што је неопходно извршити геометријска и димензијска ограничења између дводимензионих модела, моделирањем склопова, како би се одржали геометријски односи унутар склопа, потребно је поставити ограничења и извршити правилно позиционирање [9].

Као пример (Слика 11) наведено је ограничење коинцидентних линија између средишних линија вратила и зупчаника.



Слика 11 Зупчаници

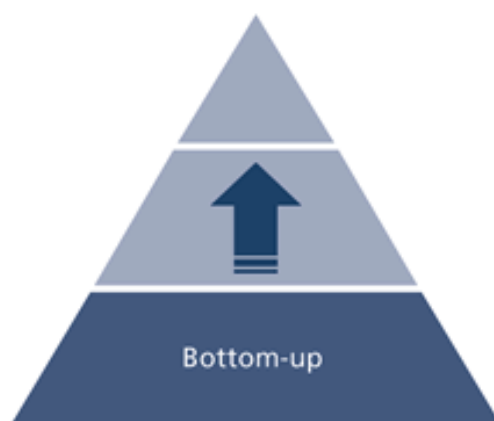
Како би се извршило успешно моделирање од великог значаја је планирање поступка креирања склопа. Комплетан план креирања модела склопа укључује скуп упутства које описује редослед операција, спајање итд. Пре самог креирања склопа, од суштинског значаја је правилно извршити хијарархију система склопа. Склопови који су састављени од великог броја елемената (подсклопова) морају бити логично груписани. Изменама појединих делова неопходно је да се регенерација склопа изврши аутоматски и исправно. Усаглашеност између појединачних компоненти је битна за ефектне измене и регенерације модела. Параметризација појединачних делова мора да буде у складу са склопом у целини. Уколико се посвети довољно пажње планирању, смањују се вероватноће у погледу нежењених компликација које се огледају у неуспешности модификације модела, као и остваривања правилне регенерације модела. У циљу побољшања ефикасности планирања креирања модела склопа постало је отворено питање у последњих неколико година.

Планирање креирања модела склопа обухвата:

- Идентификацију међузависности компонента склопа, што утиче на избор приступа креирања склопа- појединачно пројектовање сваке компоненте, па израда склопа (eng. „Bottom-Up“), пројектовањем компоненти у контексту склопа (eng. „Top-Down“), или комбиновано;
- Идентификацију међузависности моделских форми компонентних делова; ово се посебно односи на геомтријске зависности симетричности и умножавања моделских форми; и
- Анализу распореда креирања модела склопа, на основу које се изводи планирање и оптимизација технолошког поступка монтаже; анализа је од великог значаја за одређивање технологичности монтаже, смањивање трошкова.

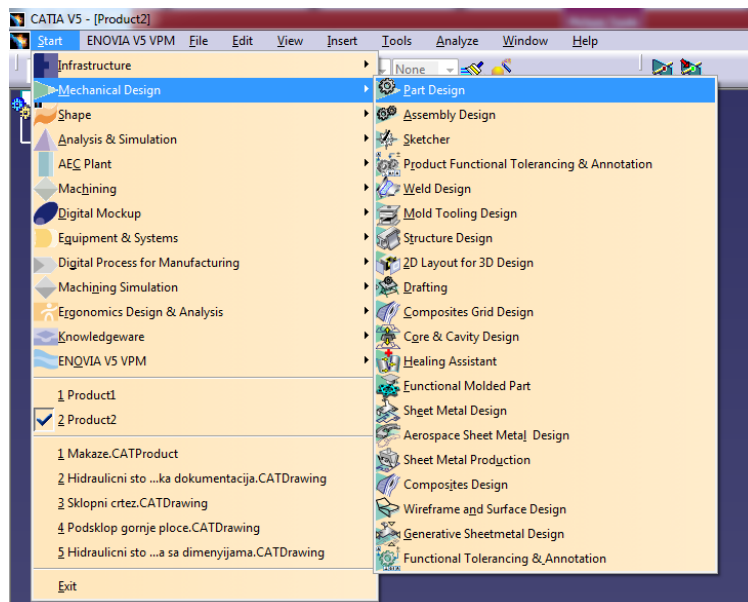
4.1 „Bottom-Up“

Идеја приступа „Bottom-Up“ представља супротност приступу „Top-Down“ (Слика 12). Представља логичан, традиционалан и најчешће употребљаван приступ. Препознатљивост овог приступа лежи у самосталном креирању засебних појединачних делова које се додају накнадно у склоп. Овај приступ је посебно користан и пожељан, јер омогућава да се поновно користе делови из претходних задатака. Променом димензија првобитног дела, једноставним ажурирањем склопа, могуће је извршити промену.



Слика 12 Приказ приступа „Bottom-Up“ [11]

Креирање овим приступом је лакоостварљиво. Сам процес се започиње израдом појединачних компоненти који се креирају у Part Design (Слика 13).



Слика 13 Приступ

Отварањем новог прозора, нова страна нам првенствено нуди могућност избора осе. У односу на изабрану жељену осу, врши се даље креирање дела (Слика 14).



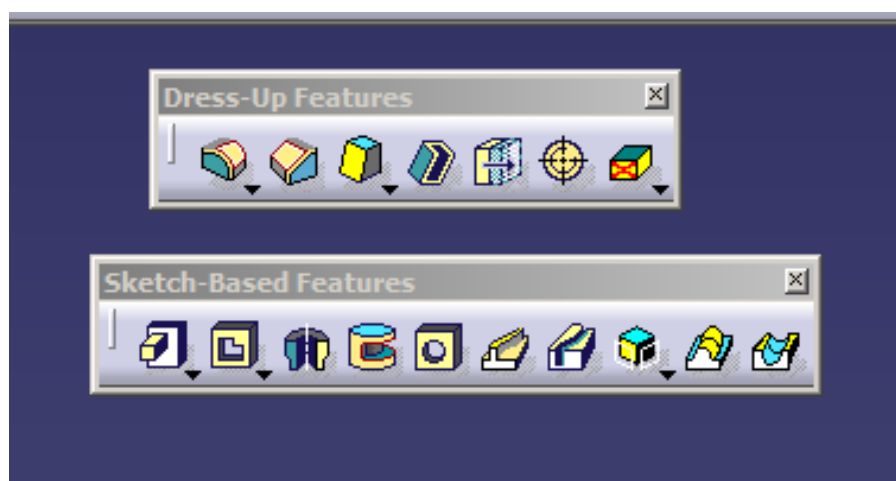
Слика 14 Избор оса

Модул за скицирање (Sketcher) представља основни и интегрални део система Catia V5. Окружење за скицирање представља везу између 2D елемента и 3D геометрије. Израда појединачних елемената врши израдом скица применом неких од алата из палете Profile (Слика 15).



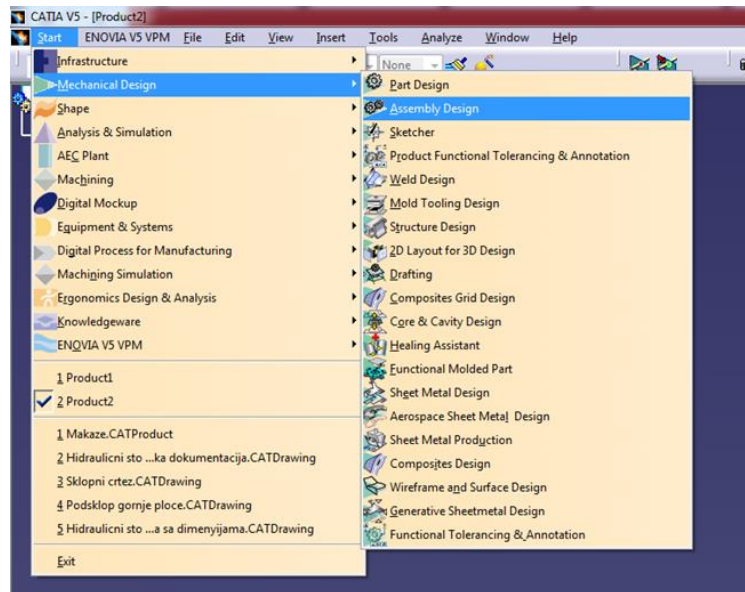
Слика 15 Избор алата

Након креирања жељене скице, одабиром Exit workbench отвара се нови прозор који могућава добијање потпуне форме елемента. Досадашња 2D скица, применом одговарајућих алата из палета овог модула, омогућава формирање 3D модела (Слика 16).



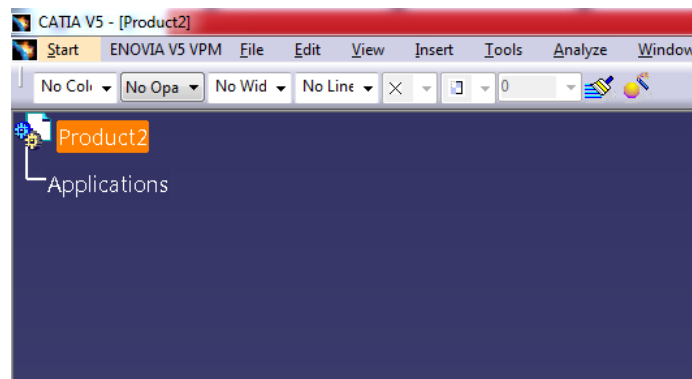
Слика 16 Палете

Покретањем Start>Mechanical Design>Assembly Design отвара се нови „празни“ документ склопа, одабиром Product из Specification Tree (стабло спецификација), а затим иконице Existing Component из палете алата Product Structure Tools отвара се File Selection у коме можемо да пронађемо постојеће (израђене) делове (Слика 17).



Слика 17 Падајући мени

Компоненте се увозе једна по једна, позиционирају у односу на остале компоненте. (Слика 18,19)



Слика 18 Product



Слика 19 Увожење компоненти

Прва компонента склопа назива се базна или основа.

Препоручује се да првој компоненти буде задато ограничење Fix. У односу на њу се остале компоненте убацују и све су орјентисане у односу на прву компоненту. Компоненте приликом убацавања у склоп могу да се преклапају, због тога је потребно извршити правилно позиционирање и орјентисање, које је предвиђено померањем и ротацијом елемената без оштећења, како би се довело у одговарајући положај (Слика 20).



Слика 20 Манипулација параметрима

Пројектант овим приступом је фокусиран на појединачне делове, почевши од самог скицирања, па све до правилног позиционирања у склоп. Елементима који се израђују на тај начин се више пажње посвећује, детаљна анализа дела, што смањује могућност грешака. Овај широко прихваћен приступ повољан и практичан је за сложене склопове, који се састоје од великих броја делова. Могућност коју пружа овај приступ су по пројектанта изузетно повољне. Приликом увођења појединачних делова у склоп, пројектант има потпуну организованост [9].

Компоненте, као што је већ речено, се састављају помоћу ограничења. Она се могу наћи у палети алата Constraints (Слика 21). Њиме је ограничен степен слободе компоненти и обезбеђује се тачан положај у односу на друге делове или компоненте. Сва примењена ограничења ће бити приказана у стаблу спецификације [10].



Слика 21 Палета алата Constraints

Fix Component (Ограничење фиксираности положаја) - користи се за фиксирање локације изабране компоненте у 3D простору. Када се једном орјентација компоненте фиксира, њена орјентација се не може померити [2], [10].

Coincidence Constraint (Ограничење подударности) - примењује се за постизање центричности осе избором одабране две различите компоненте. Компоненте код којих желимо да остваримо центичност уследиће након што Update All, на тај начин успостављена је концентричност између компоненти [2], [10].

Contact Constraint (Контактно ограничење) - примењује се за остваривање контакта између површина две компоненте, компоненте ће бити постављене у односу на ограничење након ажурирања [2], [10].

Offset Constraint (Ограничење дужинског растојања) - користи се за постављање елемената на тачно одређено растојање у односу на други елемент. Одабиром површине једне компоненте, а затим друге (наводећи као пример две равне плоче) приказаће се две стрелице. Стрелице представљају орјентацију равни једне у односу на другу. Притиском на стрелицу, мења се њен смер [2], [10].

Angle Constraint (Ограничење угловног растојања) - користи се за постављање два различита геометријска елемента на одређено угаоно растојање [2], [10].

Fix Together (Ограничење заједничке фиксираности) - користи се за утврђивање положаја изабраних компоненти у односу једна према другој. Једном када се одабере Fix Together, компоненте се преносе као једнострука компонента [2], [10].

Quick Constraint (Брзо ограничење) – могућност примене зависи од приоритета ограничења. Quick Constraint приказује листу геометријских елемената које треба ограничити. Софтвер ће аутоматски применити најприкладније ограничење између одабраних геометријских елемената [2], [10].

Reuse Pattern - Операција умножавања компоненти на основу локација умножавања моделских форми [2], [10].

Change Constraint – Отвара прозор за измену типа задатог ограничења [2], [10].

5. „Top-Down“ приступ

Због брзог развоја окружења глобалне економије, многи нови производи поседују карактеристике велике сложености и обима и потребно им је знање из више дисциплина. Дакле, како дизајнирати ове производе ефикасно и ефикасно је од великог значаја. Међу разним стратегијама за моделирање производа, приступ „Top-Down“ је врло истакнут. „Top-Down“ приступ је широко коришћена стратегија у различитим областима као што су архитектура, програмирање софтвера, инжењеринг, екологија, такође и за управљање и организацију. Машински дизајн и инжењеринг захтевају пажљиво планирање и аналитички приступ развоју нових производа, приликом дизајнирања склопова, поред наведеног приступа „Bottom-Up“ постоји и приступ „Top-Down“. Приступ који због своје комплексности захтева више анализа и рада него „Bottom-Up“ (Слика 22).



Слика 22 Приказ приступа „Top-Down“ [12]

Почетна фаза ове врсте прилаза огледа се о формирању опште шеме распореда компонената склопа, карактерише опсежна фаза планирања и истраживања која води у развој производа. Она се састоји првенствено од „грубе“ скице, од скупа „нематеријалних“ моделских форми, као што су координатни системи, тачке, скице, осе, параметри, релације и сл. Оваквом врстом шеме која представља скелетни модел склопа одређена је структура склопа, величина које компоненте треба просторно да заузимају (првенствено се креира распоред елемената), као и друге карактеристике које су неопходне за креирање запреминских модела компоненти и дефинисање односа међу њима. Скелетни модел је задужен за одржавање конзистентности конструкције и поштовање критеријума постављених током фазе концептуалног пројектовања. Моделирани делови „унутар“ склопа, који су повезани са „покретачким“ ентитетима унутар склопа контролишу облик, карактеристике, димензије и положај тих делова. Касније, пројектант прецизира скицу до детаља, узимајући у обзир релевантне захтеве који се постављају. Приступом је остварена истовремена израда конструкције и склопа, чиме се умањују грешке у састављању компликованих делова. Као резултат тога, пројектант може да види развој склопа у реалном времену.

Како се компоненте креирају унутар склопа, нема потребе за креирањем датотека са одвојеним деловима компоненти. Важна напомена, када је реч о овом приступу, да иако компоненте се израђују унутар склопа, оне се израђују појединачно и могу се одвојено отворити [13].

Поседује много предности. Главна предност „Тор-Down“ приступа је та што ако променимо скицу излазног елемента, склоп и његови делови се аутоматски ажурирају по изласку из скице. Промена једног дела може проузроковати промене на неколико других делова који су у њему повезани или повезани са њим.

Остваривањем ове предности која се огледа кроз флексибилну модификацију облика и димензија, доводи до скраћења циклуса процеса производа и поновне употребе постојећих производа заснованих на „варијацијама“ постојећих производа.

Због ефикасности и начина израде, овим приступом још у концептуалној фази развоја могуће је уочити неправилности које поседује склоп и на време отклонити. Наиме, када пројектант скелетним модела употпуни форму, јасно се виде преклапања, зазори или било какве сметње. Практичан је за остваривање параметарских склопова.

Ова врста приступа идеална је за велике склопове, који се састоје од великог броја компоненти, јер има добар организациони приступ и управљање приликом маневрисања великим склоповима. Целокупна информација о склопу је базирана у централизованом датотеци [14].

С обзиром на значај приступа „Тор-Down“ у моделирању производа, требало би обезбедити рачунарске алате и пакете који ће помоћи пројектантима да изврше овај вид приступа. Нажалост, уз ограничену подршку већине комерцијалних САД софтвера моделирања производа „Тор-Down“ приступом, данас постоји много радова који не могу да их покрећу рачунари. На овај начин ће се изгубити превише времена унутар моделирања и на крају одложити време моделирања новог производа. Што ће се одразити на губитак компаније.

Еволуција моделирања склопа се може појаснити и на основу хијархијске структуре, започињајући приступ у корену производа, при чему се он раставља на одређен број компоненти, које садрже подкомпоненте. За сам корен су изузетно битни основни захтеви које мора да испуни „Тор-Down“ приступ, а то је функционалност и сам облик скелетног модела.

Да би се направили САД алати напредније генерације који подржавају „Тор-Down“ бољи дизајн производа и могућност моделирања, требало би да буду следећа основна питања разматрана [15]:

1. Основан је разуман поступак дизајнирања склопа одоздо на доле који је погодан за информатизацију,
2. Интегрисани модел моделирања на више нивоа за чување информација у различитим нивоима апстракције,
3. Различити флексибилни механизми који обезбеђују транзицију и повезивање дизајнерских информација између различитих дизајна фазе.

Како би се унапредио овај приступ, постоји листа захтева за алате који подржавају моделирање „Тор-Down“ приступом, и то [15]:

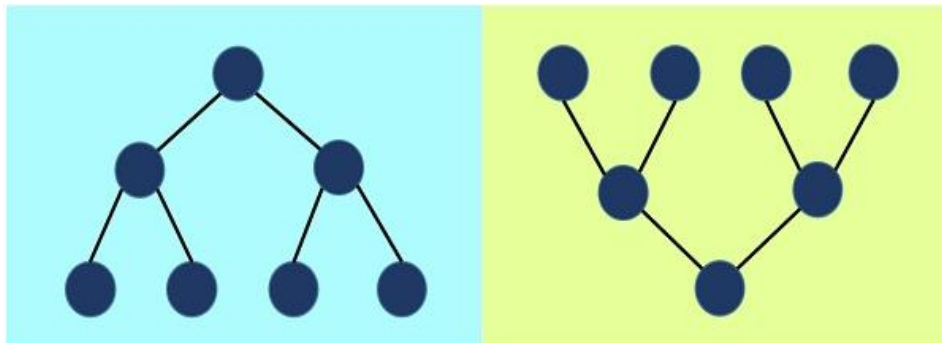
1. Потребан је интегрисани модел моделирања на више нивоа за регистровање информација у различитим нивоима апстракције током моделирања „Тор-Down“ приступом. Он треба да представља не само детаљно геометријске информације, већ и апстракте информације као што су функција и изглед,
2. Треба обезбедити различите механизме наслеђивања да би се осигурала транзиција и повезаност моделских информација између различитих фаза моделирања
3. Ефикаснији приступи комбинацијама приступа „Bottom-Up“ и „Тор-Down“.

Процес моделирања производа може се поделити у пет фаза и то: функционални дизајн, идејни дизајн, изведба, детаљни дизајн и инжењерске анализе. Ове фазе дизајна углавном нису секвенцијалне, већ су углавном итеративне, без јасно дефинисаних граница између различитих фаза [15].

Кључне разлике између „Bottom-Up“ и „Тор-Down“ приступа:

- „Bottom-Up“ приступ започиње израдом појединачних компоненти (делова), чијим спајањем врши се креирање (под)склопова, Тор-Down“ приступ започиње израдом
- „Тор-Down“ приступ базиран је на декомпоновању задатка на подзадатке, док „Bottom-Up“ приступ базиран на решавању основних задатака чијим ће компоновањем добити своју форму.
- Како „Bottom-Up“ садржан од великог броја делова који се појединачно увозе у склоп, утолико је већа „комуникација“ између делова. Наиме, реч је о потребама интеракције између основних компоненти. У поређењу са „Тор-Down“ приступом, због начина израде овом методом, не захтева много „комуникације“.
- „Тор-Down“ може да створи сувишност, док „Bottom-Up“ приступ не укључује сувишне информације.
- Програмски језици као што су Фортран, COBOL и C следе приступ „Тор-Down“, док програмски језици попут Java, C++, Perl, Python придржавају се приступа „Bottom-Up“ [16].

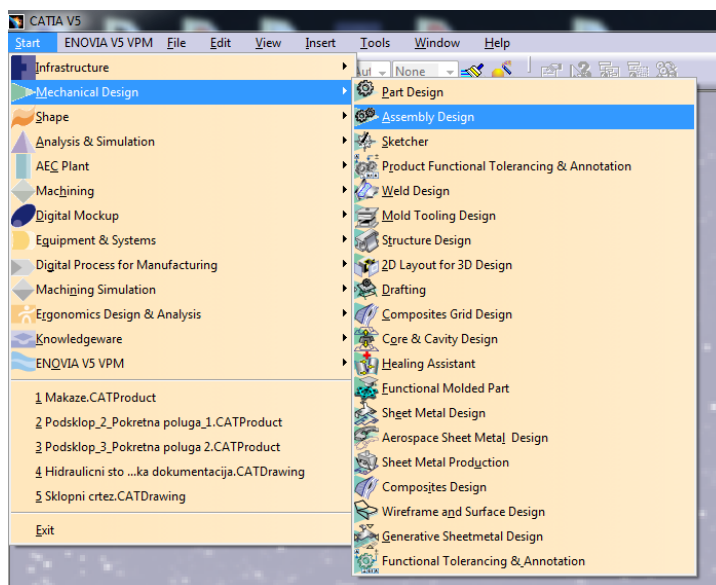
На слици је приказан „Тор-Довн“ приступ са леве стране, чиме је представљено да је сама база приступа склоп чијом модификацијом долази до раздвајања на мање групације, које чине подсклопове и делове. На десној страни слике „Bottom-Up“ приступ сачињен је на самом врху од делова, чијом групацијом и спајањем подсклопова добија се склоп [16].



Слика 23 "Bottom-Up" и "Top-Down" приступ [16]

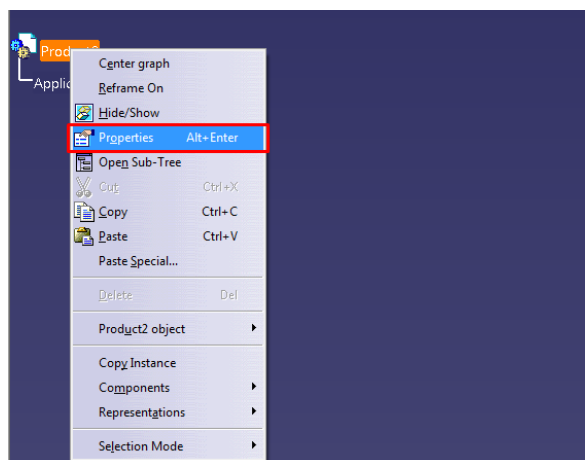
На основу постављеног тематског задатка, извршено је креирање склопа приступом „Тор-Довн“. Процес започиње детаљним проучавањем приступа и могућности које он пружа. Како би се обезбедио висок квалитет производа, неопходно је прикупити што више информација о њему, како са становишта изведених решења тако и са становишта њиховог понашања у току експлоатације, одржавања и ремонта.

Процес креирања започиње покретањем Catia V5R21. Избором опције Start, отвара се падајући мени, при чему бирамо Mechanical Design > Assembly Design. (Слика 24).



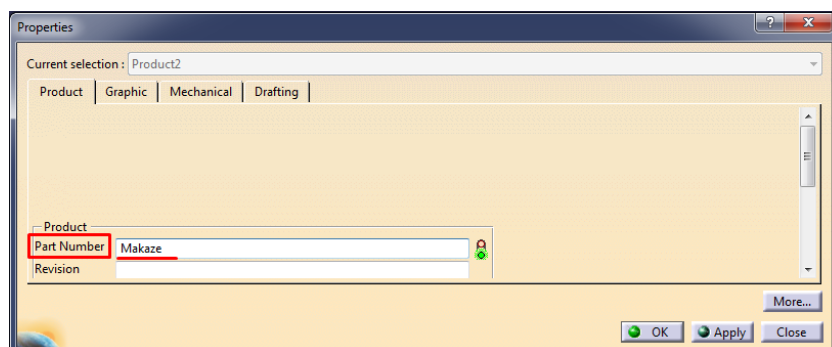
Слика 24 Приступ

Све компоненте склопа створене су унутар Assembly Design. Са леве стране налази се стабло спецификација, назив је могуће променити кликом десног тастера на мишу, при чему бирамо опцију Properties (Слика 25).



Слика 25 Падајући мени

Одабиром ове опције, отвара се нови прозор који поред осталих могућности нам пружа и променимо назива. У колони Part Number вршимо промену имена у Маказе, што ће бити име нашег склопа (Слика 26).



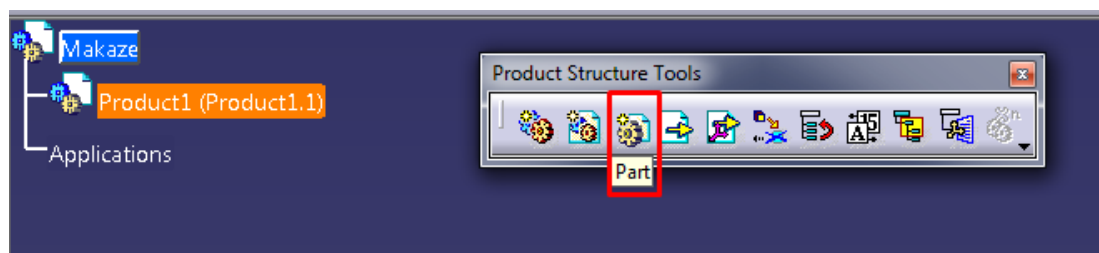
Слика 26 Промена имена

При приступању изради склопа, извршена је организација и увид у разраду процеса моделирања хидрауличног стола. Како би се започело креирање компоненти, неопходно је изабрати из палете алата Product Structure Tools опцију Product. У оквиру је врши се израда подсклопа (Слика 27).



Слика 27 Начин израде подсклопа

Назив Product1 се мења на исти, објашњен начин. Како би се вршила израда делова подсклопа, одабиром подсклопа кликом десном тастера на мишу и опције Part, могуће је постићи ту операцију (Слика 28).



Слика 28 Начин израде скице

У стаблу спецификације двокликом на Part1 отвара се Part Design (Слика 29).

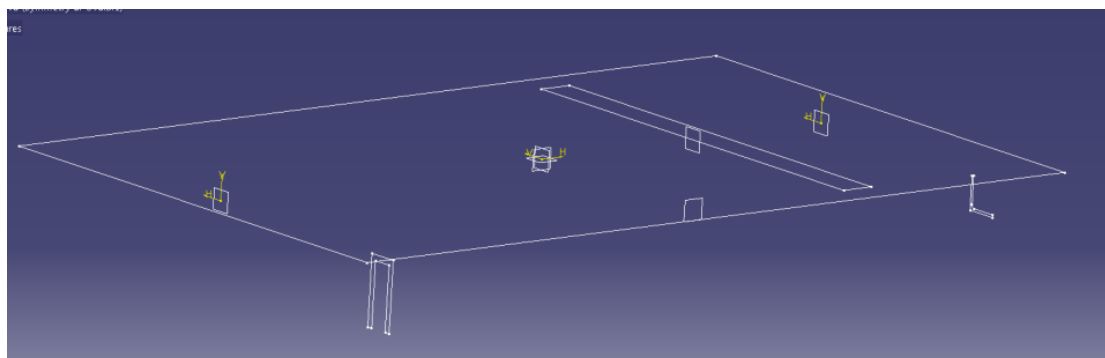


Слика 29 Начин израде скице 2

Након приступа Part Design у стаблу Assembly Design забележена је ова активност. У оквиру Part Design врши се израда скица.

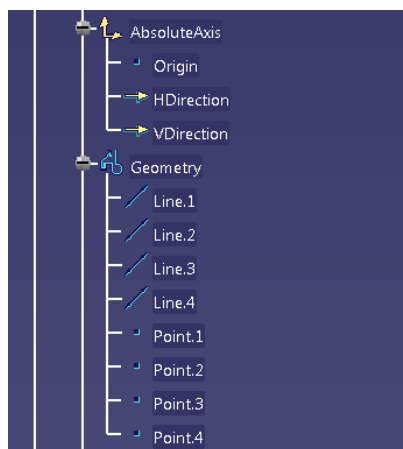
Промена назива подсклопова се врши на исти, објашњен начин. Двокликом на Part1 отвара се нови прозор модула Part Design. Скицирање се изводи на основу познавања основних правила и прописа.

„Тор-Down“ приступ започиње израдом првог подсклопа носеће плоче. Плоча хидрауличног стола је сачињена од скелетног модела који садржи конструкциону геометрију (тачке, линије, равни, координатни системи, скице), одређен је међусобни положај компоненти, како не би дошло до неправилности при запреминском моделирању (Слика 30).



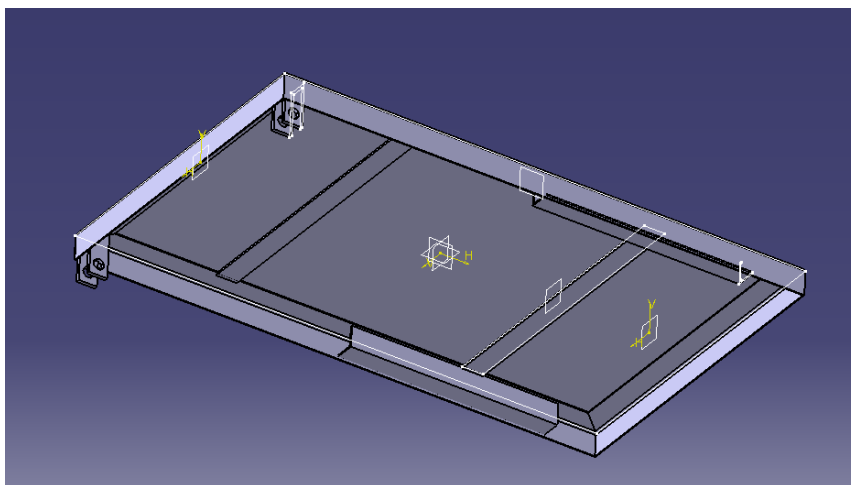
Слика 30 Носећа плоча-референтни модел

Стабло спецификације је управљачки приказ свих операција које су извршене, на тај начин садржане су све информације о појединачним компонентама, чиме је остварен детаљан увид у извршене процесе (Слика 31).



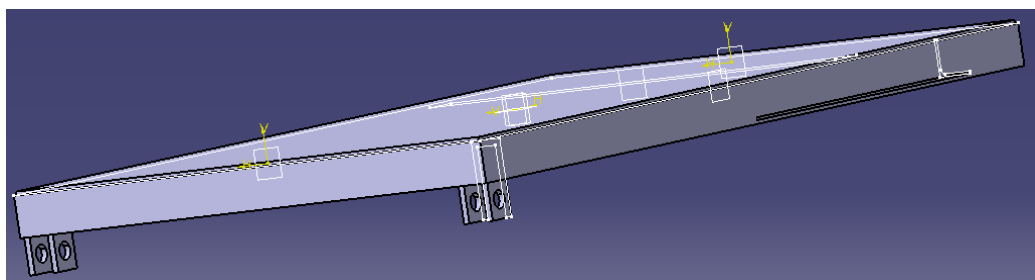
Слика 31 Стабло спецификације

Након правилног скицирања, излазимо из модула за скицирање опцијом Exit workbench, бирамо одговарајућу палету нпр. Sketch-Based Features која пружа спектар различитих алата (у поглављу описани су алати) (Слика 32).



Слика 32 Носећа плоча

Наш модел је применом одговарајућих алата добио жељени тродимензионални облик (Слика 33).



Слика 33 Носећа плоча 2

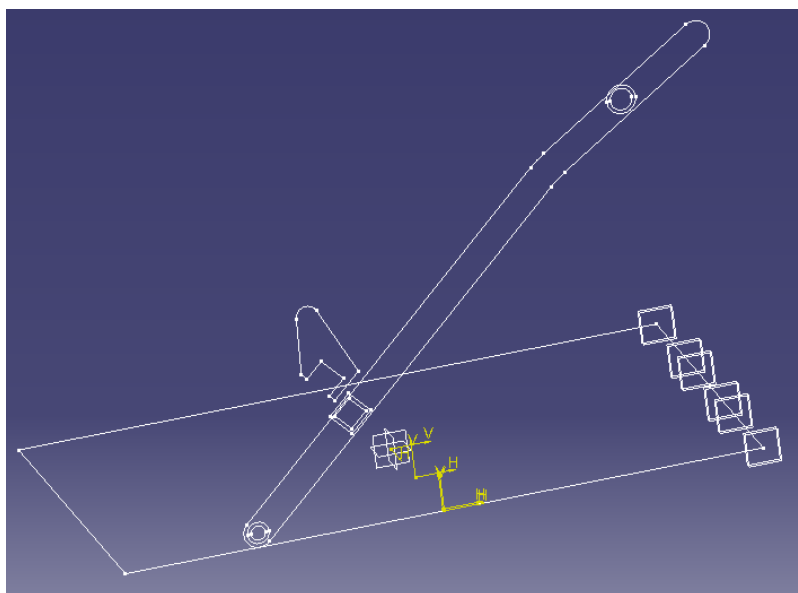
Носећа плоча представља први подсклоп склопа Маказе. Састоји се од плоче, рама, вођице, ојачања и ушица. Распоред и димензије су унапред одређене (Слика 34).



Слика 34 Носећа плоча 3

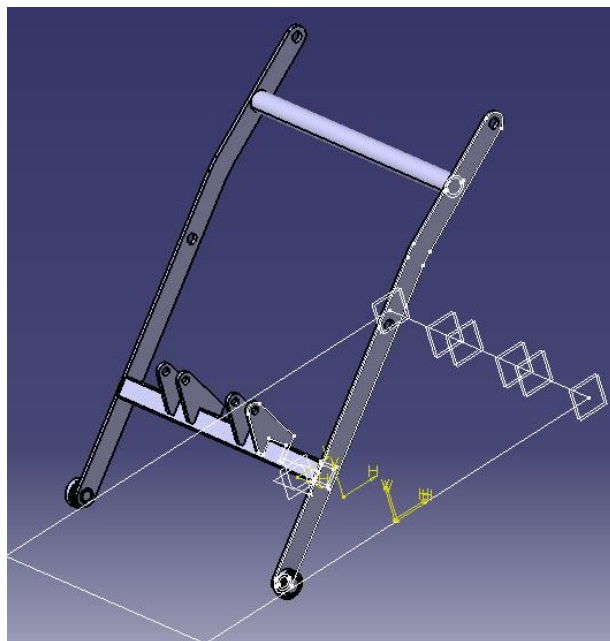
Како би се креирао други подсклоп, као и делови од којих је сачињен, неопходно је извршити исту операцију као при стварању првог подсклопа (Маказе>Product>Part).

Други подсклоп представља Покретну полуку 1. Скицирање се изводи на основу прорачуна потребних димензија, као и међусобног положаја између елемената. Референтни модел Покретне полуке 1 нам пружа организацију и правилан распоред компоненти. Пројектанту на тај начин ствара оријентацију у заузимању положаја елемената (Слика 35).

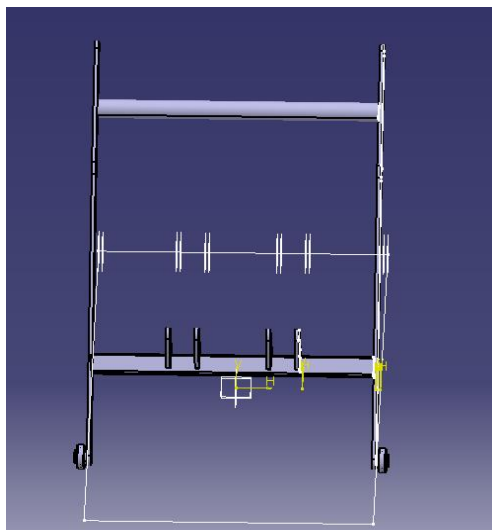


Слика 35 Референтни модел- Покретна полука 1

Изглед Покретне полуге 1 након одабира алата за тродимензионално добијање форме. Испуњава услове у погледу изгледа подсклопа, испуњавајући планирани и очекивани захтев за изглед подсклопа, такође и функционалност Покретне полуге 1 је потпуна. Приликом израде Покретне полуге 1 поштовани су прописи при конструисању. Наш подсклоп се састоји од низа елемената, који су међусобно зависни и распоређени на правилан начин (Слика 36,37).



Слика 36 Покретна полуга 1



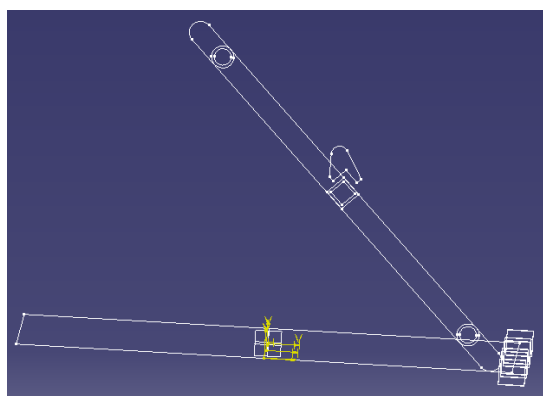
Слика 37 Покретна полуга 1.1

Покретна полуга 1 се састоји од полуге, цеви одстојника, четвороугаоног одстојника, косника, одстојника, лежаја, осовинице, еластичног ускочника (Слика 38).



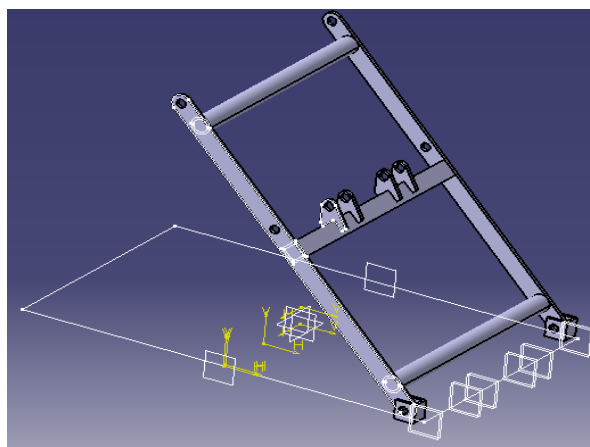
Слика 38 Покретна полуга 1.2

Трећи подсклоп склопа Маказе се назива Покретна полуга 2. Димензионисање и одређивање је вршено на прописан начин, поштујући основе конструисања. Референтни модел је приказан ради бољег увида у процес израде подсклопа (Слика 39).



Слика 39 Референтни модел- Покретна полуга 2

Конструисањем Покретне полуге 2, као и целокупног склопа, од велике битности је правилно функционисање и исправност приликом израде склопа (Слика 40).



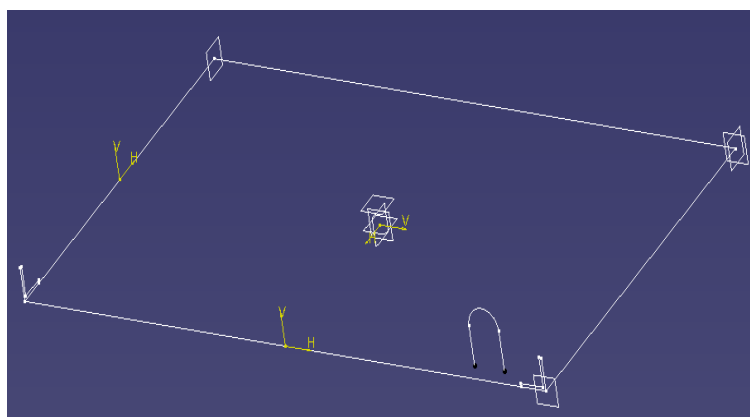
Слика 40 Покретна полуга 2

Покретна полуга 2 се састоји од полуге, квадратног и цевастог одстојника и косника (Слика 41).



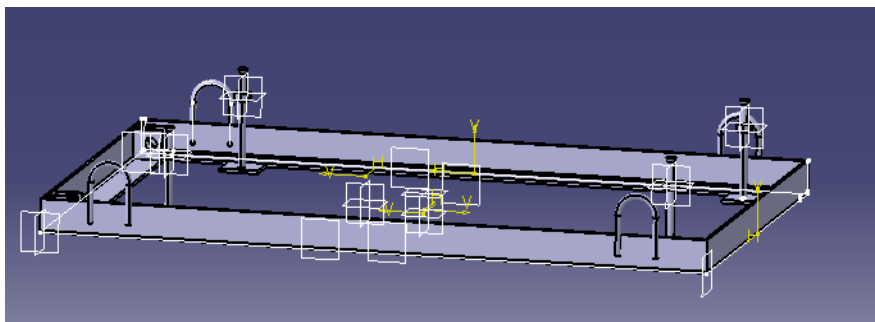
Слика 41 Покретна полуга 2.1

Постоље представља четврти подсклоп склопа Маказе. Скицирани елементи су димензионисани, извршено је ограничење елемената, како би исправност скице била потпуна. Погодност „Тор-Down“ приступа огледа се у једноставним скицама, што нам омогућава најбољи увид у рад (Слика 42).



Слика 42 Референтни модел- постоље

Одабиром алата постигнута је тродимензионална форма Постоља. Распоређивање елемената у подсклопу је извршено на правилан начин, узајамно дејство елемената и конструктивни облик је задовољен (Слика 43).



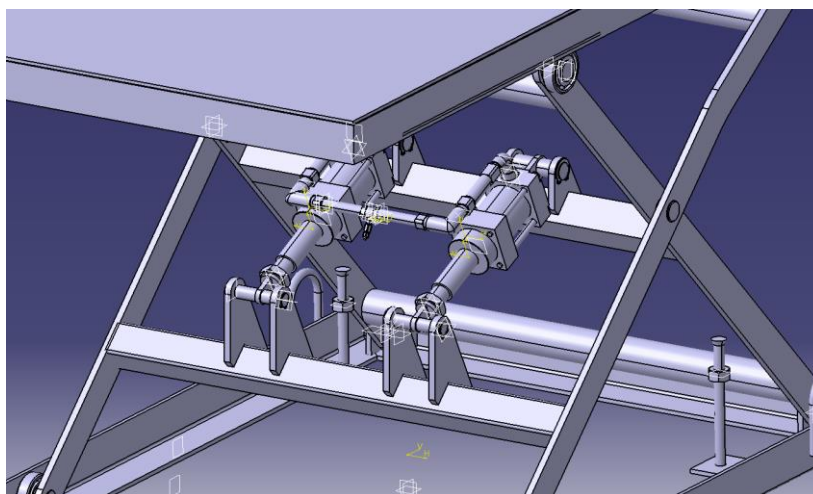
Слика 43 Постоље

Постоље се састоји од профила, ушица, граничника (који представља засебни подсклоп). Граничник као подсклоп се састоји од плоче, осовине, навртке и завртња (Слика 44).



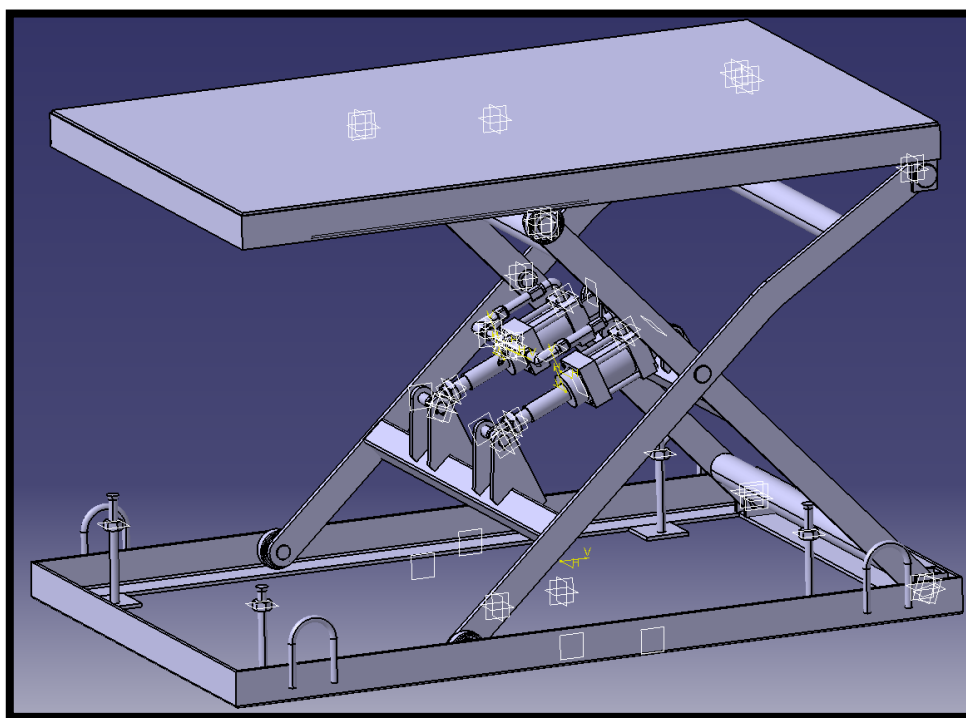
Слика 44 Постоље 2

Претходно приказани подсклопови, својим повезивањем, чине целину склопа који се назива Маказе (Слика 45).

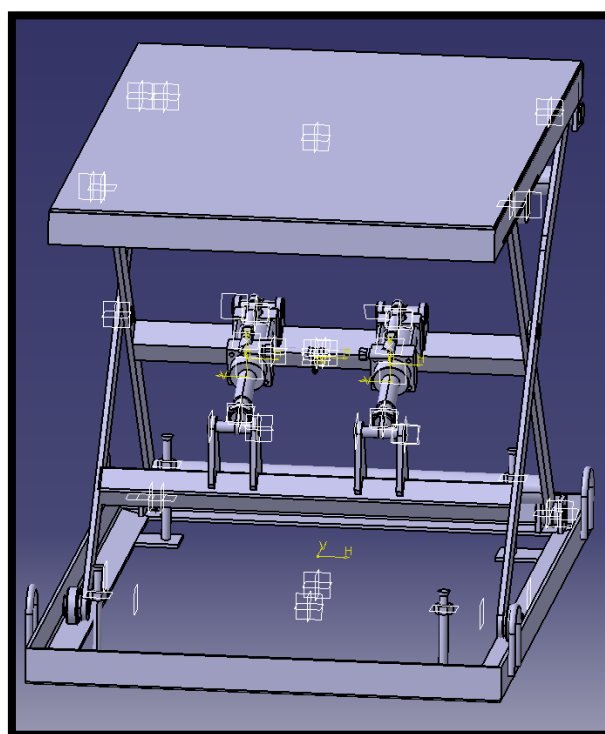


Слика 45 Маказе

Склоп Маказе задовољава предвиђену намену и функцију. Израђен је од одговарајућег материјала и прорачунатих димензија, дајући му задовољавајуће карактеристике (Слика 46,47).



Слика 46 Маказе 2



Слика 47 Маказе 3

6. Техничка документација

Како би могло да се приступи изради неког производа у машинској индустрији, неопходно је, поред осталог, поседовати и техничку документацију. Основни задатак машинског инжењера је израда техничке документације. Техничко – технолошка документација у машинству је потребна за припрему, организацију и праћење производње [6].

Постоје две врсте документације:

- техничка документација, и
- административно-организациона.

Техничка документација у машинству садржи непосредне и конкретне задатке. Посебна техничка документација је неопходна графичко – техничка документација коју обично називамо технички цртежи [11].

Административно-организациона документација тачно одређује ко, шта, како и када треба да уради. Она обезбеђује припрему, праћење и контролу производње [17].

Технички цртежи одређују облик, димензије, састав и начин израде појединих предмета и склопова. Омогућавају да се тродимензионални предмет прикаже у равни. Базира се на принципима нацртне геометрије и правилима техничког цртања које се прописују ради постизања једнообразности. Технички цртеж треба да буде јасан, прегледан и прецизан [17].

У зависности од садржине и намене технички цртежи могу бити:

- детаљни (радионички) – приказује увек само један предмет, односно део са свим подацима потребним за његову израду. Не може се раставити без разарања, и
- склопни – који приказује међусобну повезаност појединих делова и начин склапања у целини.

Детаљни и склопни цртежи могу бити различите намене: идејни, патентни, пројектни, радионички, монтажни, поруцбени, шематски итд [17].

Активности које се изводе при конструисању су вишеструке, огледају се кроз следеће етапе: постављање задатка, прикупљање информација, анализа информација, састављање технолошког предлога, израда идејног пројекта, израда техничког пројекта и израда радионичке документације. За начин приказивања могу се користити ортогоналне и аксонометријске пројекције [6].

Основни продукт пројектовања је конструкциона документација. Код класичног пројектовања она се формира на папиру и даље дистрибуира кроз техничку припрему у производњи. Код примене рачунара у пројектовању ток је исти, само је документација присутна на различитим медијумима [6].

У принципу, код комплетних СИМ система документација не мора бити нацртана и на папиру. Објекат пројектовања може бити производ или процес код пројектовања технологија.

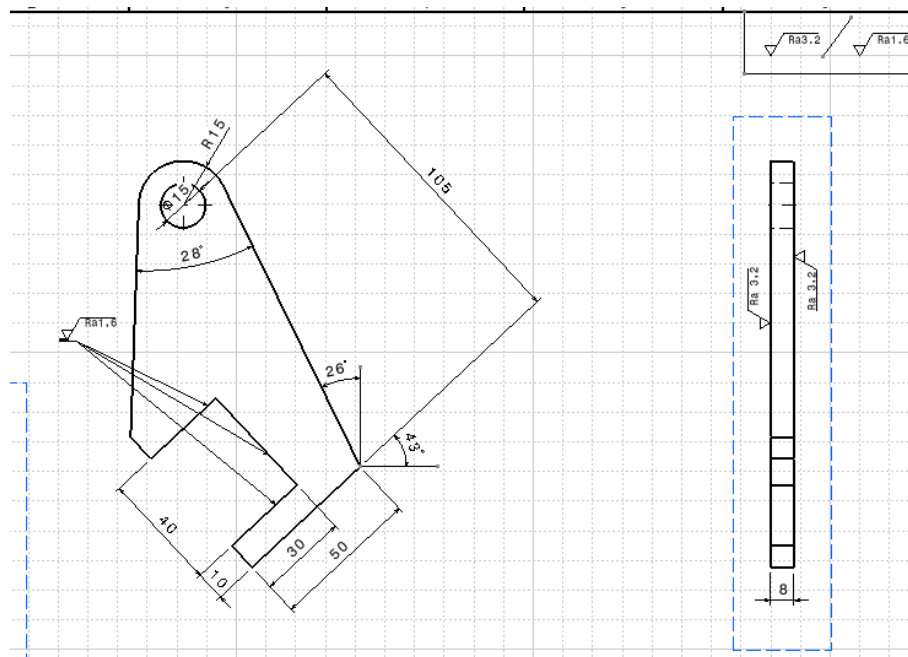
Конструисање представља стварање нечег новог побољшавањем постојећих конструкција, њиховим мењањем како би обављале нове функције, или је то, једноставно речено, увођење новог концепта. Конструисање производа захтева дефинисање ограничења решаваног проблема, а затим предлагање решења које ће функционисати уз ова ограничења. Конструисање техничких система развило се из процеса израде у засебну и заокружену целину [17].

Предности остварене применом рачунара у служби пројектовања и конструисања
[6]:

1. обезбеђује се већа тачност срачунатих података и тиме и бољи квалитет производа;
2. омогућава се изведба прорачуна који се на класичан начин не могу израчунати;
3. рачунаром је могуће израдити просторни приказ пројектованог производа који омогућава, већ у фази пројектовања, увид у стварни изглед производа;
4. рачунаром је могуће извршити и различите симулације кретања елемената, што још у фазама конструисања, може се установити функционалност склопа;
5. могуће је извршити симулацију понашања конструкције при дејству одређених оптерећења;
6. цртежи који се раде на рачунару несумњиво су бољег квалитета од класичних, јер човек не може том брзином и прецизношћу да изврши израду;
7. применом рачунара вишеструко се скраћује процес пројектовања и конструисања, омогућавајући знатно краћи развој и уштеду времена;
8. рачунар пружа могућност симулације кретања алата, па се у фазама конструисања може уочити да ли се елемент може израдити;
9. применом рачунара и при пројектовању и при конструисању омогућава се потпуна компјутеризација процеса производње, што је у основи и циљ савремене производње.

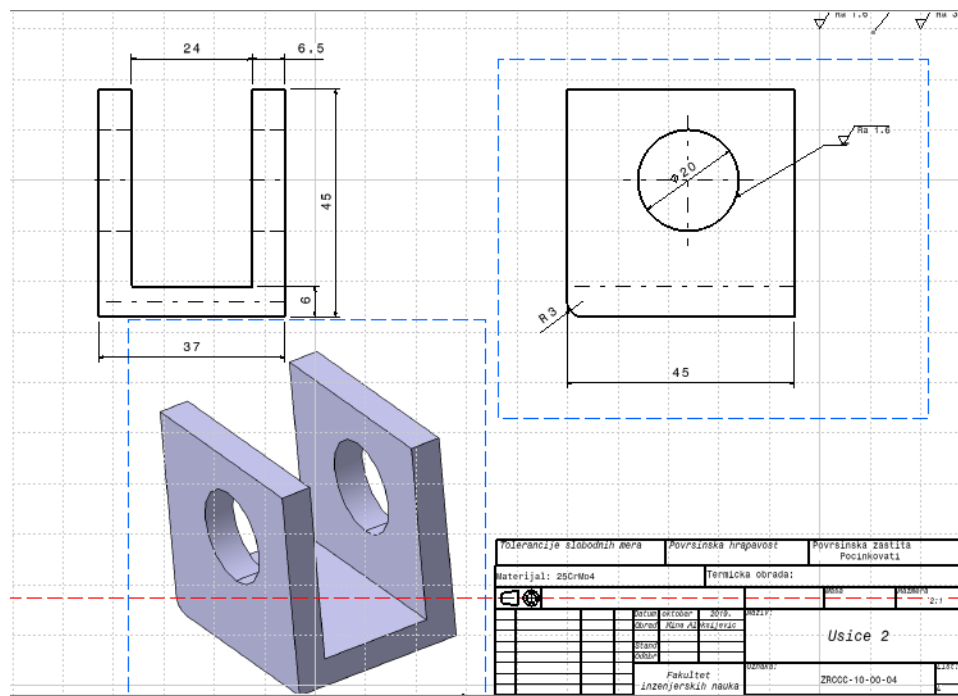
Применом стечених знања извршена је израда техничке документације склопа Маказе. Техничка документација је садржана од склопних цртежа и од детаљних (радионичких) цртежа. Према начину приказивања представљен је аксонометријски и ортогонално. Склоп је сачињен од више подсклопова Носећа плоча, Рам, Покретна полуа 1, Покретна полуа 2, Склоп покретних полуа, Постоље, Граничник.

За сваки елемент подскопа израђена је техничка документација. На слици је приказана техничка документација Косника. Приликом израде техничке документације испоштовани су сви прописи и правила (Слика 48).



Слика 48 Техничка документација

На слици је приказана техничка документација појединачног елемента (Слика 49).

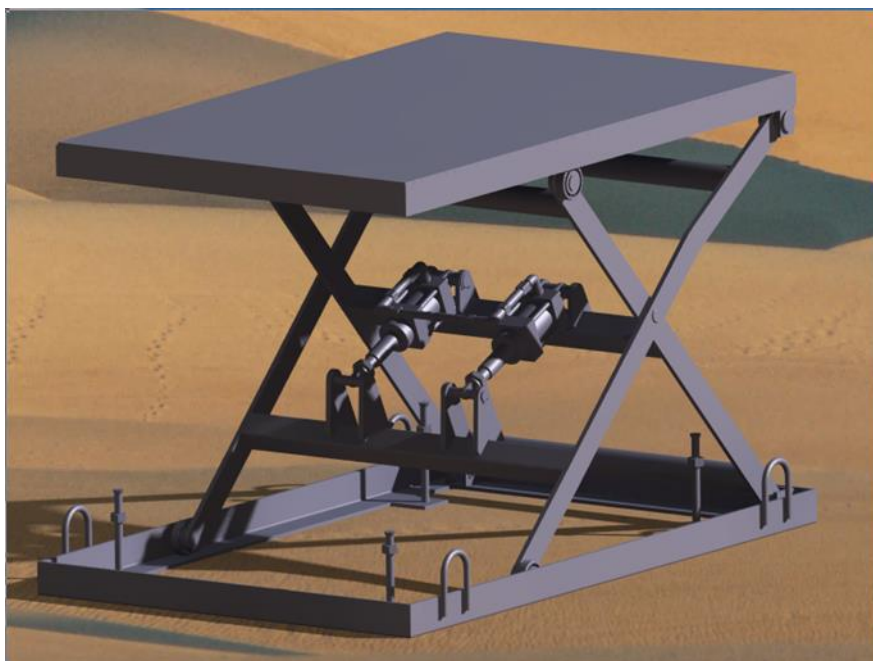


Слика 49 *Техничка документација 2*

7. Закључак

3Д моделирање је данас стандард за пројектовање производа и то је основа за даље унапређење пројектног циклуса. Унапређење процеса настанка производа остварује се усавршавањем техника конструисања. Пред инжењере се постављају све захтевнији изазови које треба задовољити правилним и рационалним избором методом израде производа.

Детаљном анализом може се закључити да применом „Тор-Довн“ приступа допринео би се развој процеса производа. На основу стеченог знања, приликом израде постављеног задатка, може се истаћи да овом методом се остварује велика ефикасност и тачност рада. Израдом хидрауличног стола применом приступа „Тор-Довн“ уочене су предности које овај приступ пружа (Слика 50). Приступ омогућује израду комплексних склопова, лаку манипулацију (под)склопом, пружа организовани рад и детаљан увид у све процесе израде производа.



Слика 50 Хидраулични сто- Маказе

Развој технологије директно утиче на развој производа, који се одражавају на све аспекте израде, превасходно утичући како на скраћење времена израде производа (при чему су услови у погледу квалитета и функционалности потпуни) тако и на остваривање конкурентне предности на тржишту.

Литература

- [1] Snežana Vrekić, Parametarsko modeliranje kao podloga za frekventnu analizu nosača, 17th Conference and Exhibition - YUINFO 2011, 06.-09.03, Kopanik, Srbija, pp. 201-205, 2011.
- [2] Devedžić G, Ćuković S, Petrović S, Maksić J, 3D modeliranje proizvoda - metodička zbirka zadataka, Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
- [3] Jovanović M, CAD tehnologije - predavanja, Mašinski fakultet, Niš, http://ttl.masfak.ni.ac.rs/CAD%20predavanja.pdf?fbclid=IwAR2B8tuRRax25nkl7PZYQTTq1X6xt7Nl5y842_OqU_3TbzB0EUjzp5hckQ, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [4] Devedžić G, CAD/CAM tehnologije, Mašinski fakultet u Kragujevcu, CIRPIS centar, Kragujevac, 2009.
- [5] Wireframe Modeling, Surface Modeling, <https://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak537e/notlar/7-wireframe-and-surface-modeling.pdf>, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [6] Vuković V, Vuković M, Knežević I, Bojanić M, Osnove mašinstva (prvo izdanje), Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment, Banja Luka, 2015.
- [7] Geometric Modeling, <https://pdfs.semanticscholar.org/ce74/aea6a1cacc8039cb275794c17cfefaa093f.pdf>, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [8] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>
- [9] Assembly Modeling, <https://www.scribd.com/doc/13591439/Assembly-Modeling>, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [10] Sham Tickoo, CATIA V5R21 for Designers, CAD/CIM Technologies, USA, 2012.
- [11] Bottom Up, https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwj64_Di4zIAhWhPOwKHeqIAv0QjRx6BAgBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.marketing91.com%2Fbottom-up-marketing%2F&psig=AOvVaw39FBSvp1N_sEfCbO-X9Ojg&ust=1570604414796670, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [12] Top Down, <https://i.pinimg.com/originals/5f/fe/5d/5ffe5dfafb3dee9c2fd7156a3e14e0f1.gif>, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [13] Bottom Up and Top Down Assembly Design, <https://help.bricsys.com/hc/en-us/articles/360006522114-Bottom-up-and-Top-down-Assembly-Design>, Pristupljeno: Septembar 2019.
- [14] Designing in context of an assembly, Siemens Product Lifecycle Management Software Inc 2014,

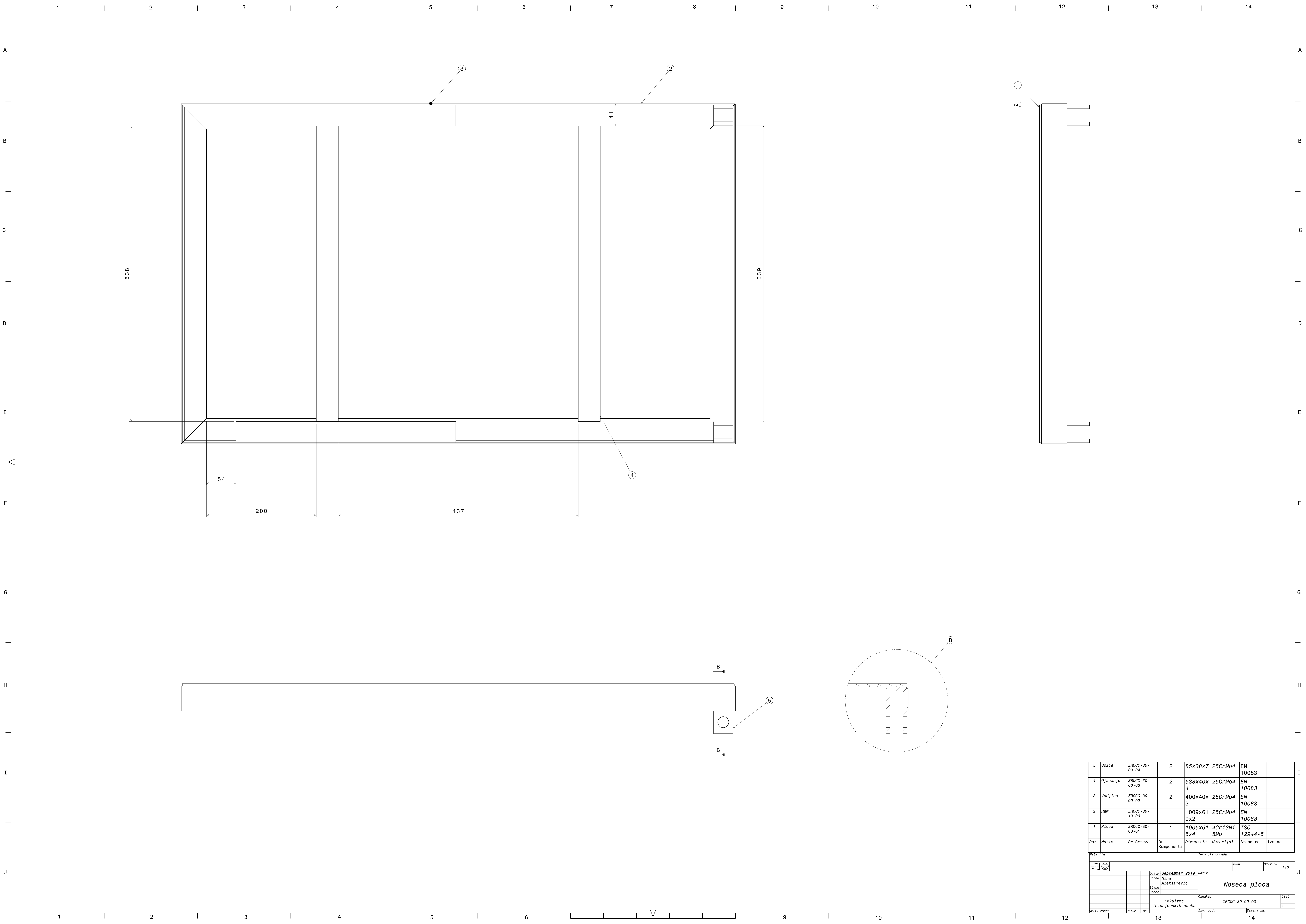
https://docs.plm.automation.siemens.com/data_services/resources/se/107/help/en_US/selfPacedExt/spse01670/index.html, Pristupljeno: Jul 2019.

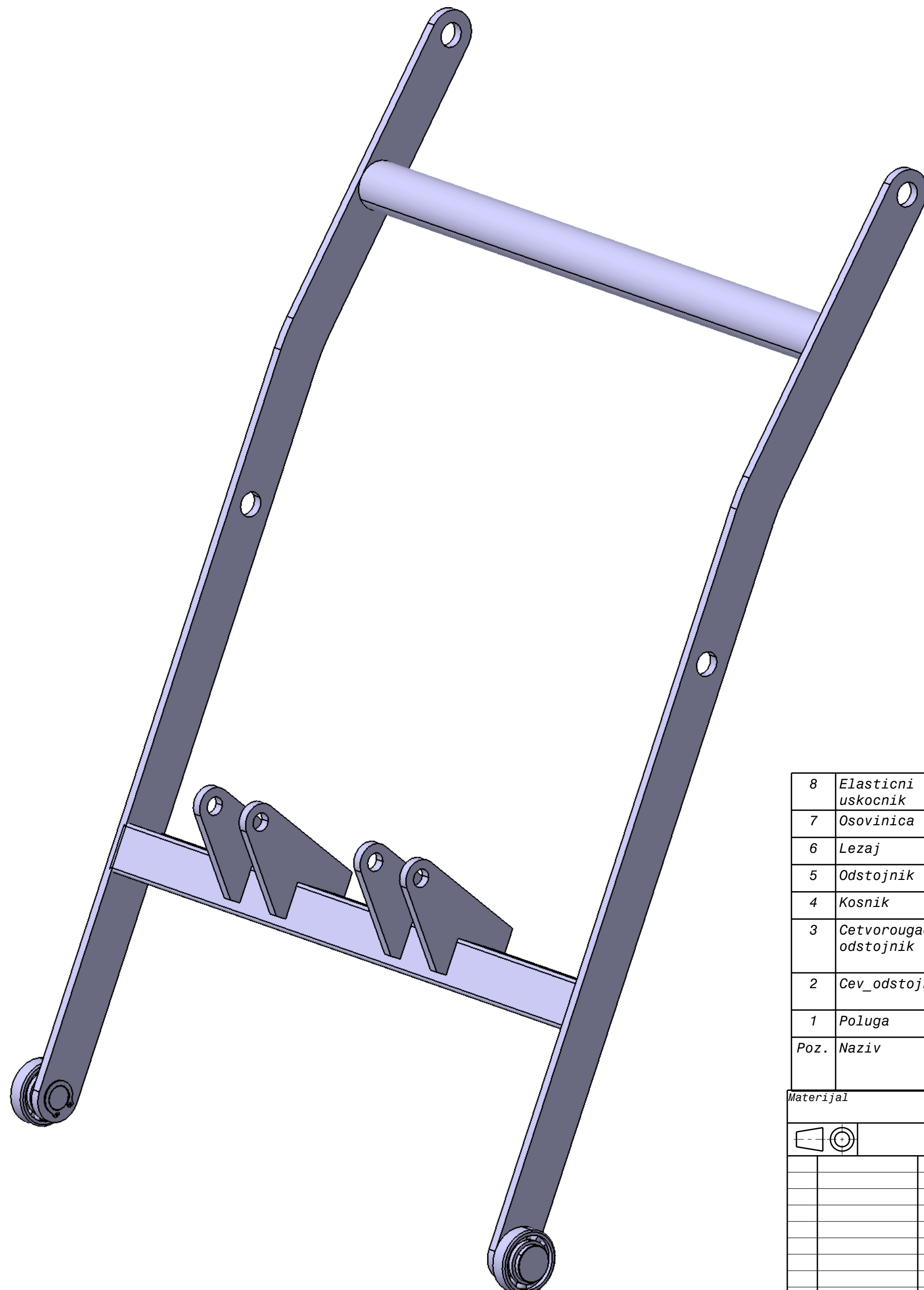
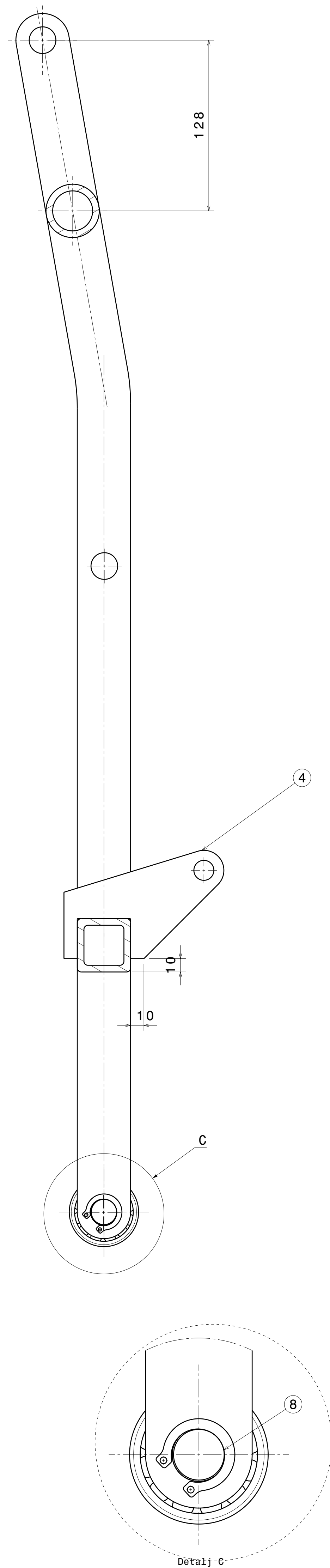
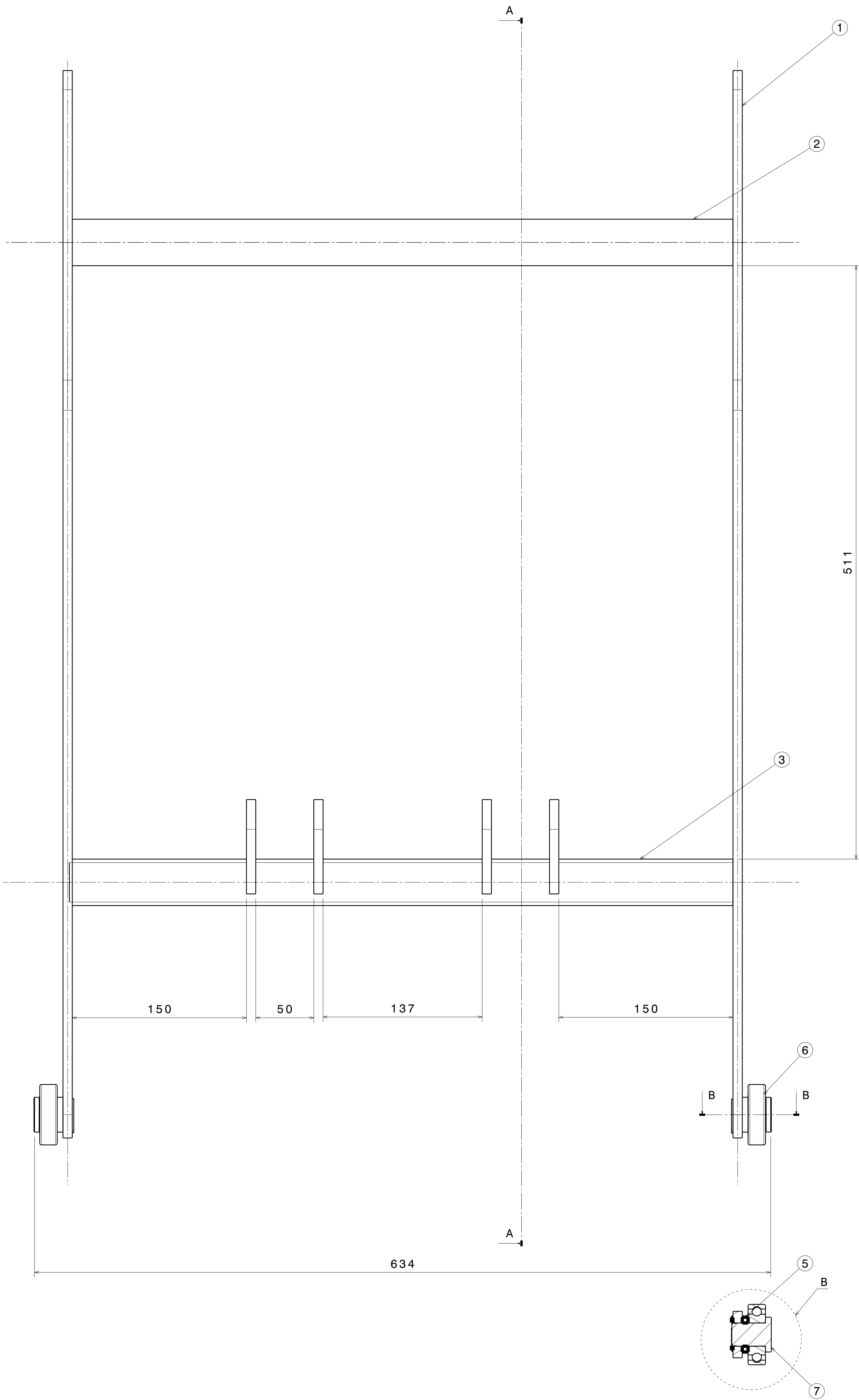
[15] Chen X, Gao S, Yang Y, Zhang S, Multi-level assembly model for top-down design of mechanical products, Computer Aided Design, Vol. 44, No, 10, pp. 1033-1048, 2012.

[16] Difference between Top-down and Bottom-up Approach <https://techdifferences.com/difference-between-top-down-and-bottom-up-approach.html>, Pristupljeno: Jul 2019.

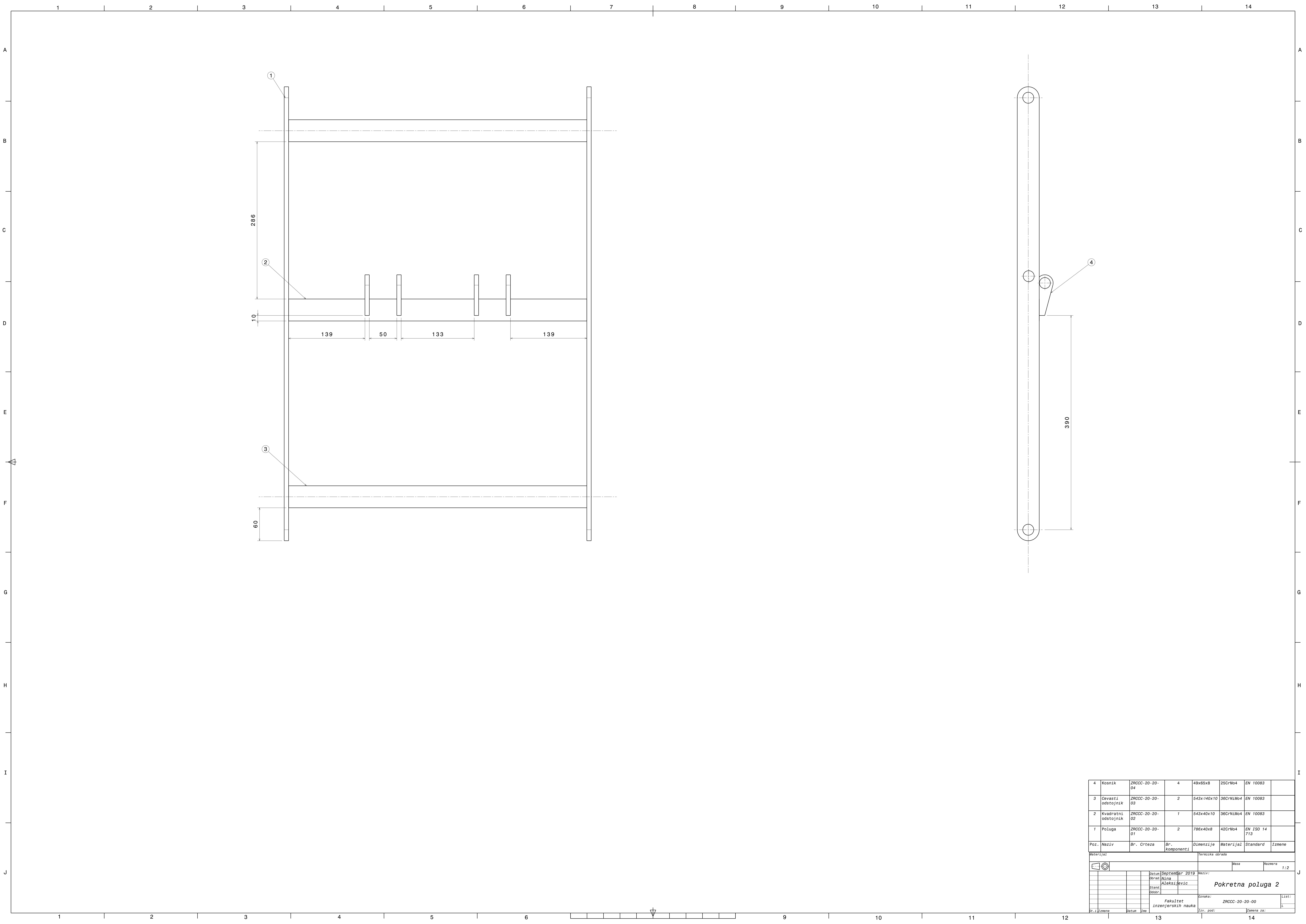
[17] Popović Ž, Razvoj jezika za 2D parametarsko geometrijsko modeliranje, doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 2018.

Прилог



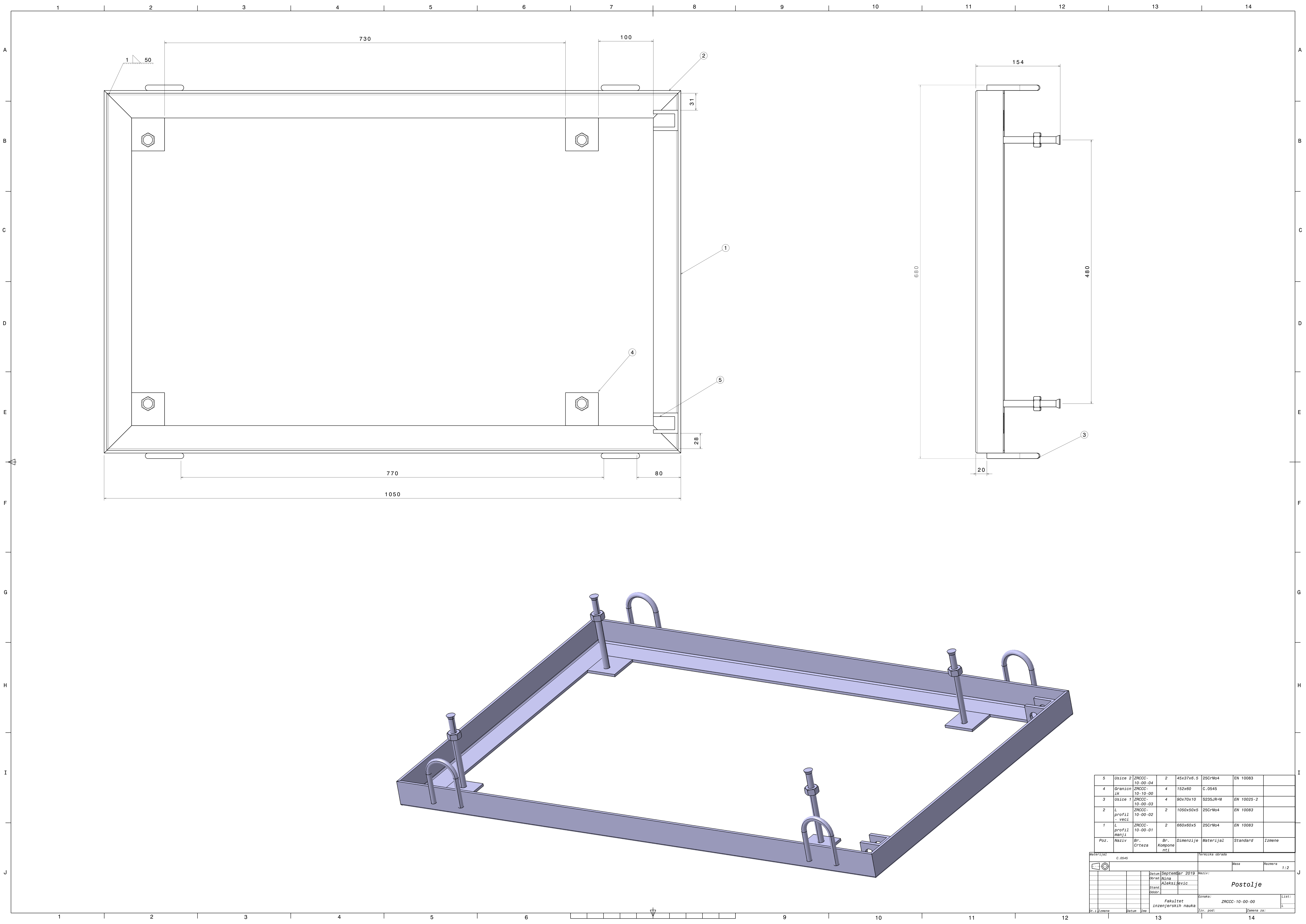


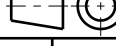
8	Elastični uskoknik	-	2	∅27x1.3	34CrMo4	D 471	
7	Osovinica	ZRCCC-20-10-06	2	∅30x34	C30E	EN 10083	
6	Ležaj	-	2	d20-052	34CrMo4	5205 ZZ	
5	Odstojnik	ZRCCC-20-10-05	2	∅30x5x5	34CrMo4	EN 10083	
4	Kosnik	ZRCCC-20-10-04	4	137x50x8	25CrMo4	EN 10083	
3	Cetvorougaoni odstojnik	ZRCCC-20-10-03	1	572x40x5	36CrNiMo4	EN 10083	
2	Dev_odstojnik	ZRCCC-20-10-02	1	∅40x594x5	36CrNiMo4	EN 10083	
1	Poluga	ZRCCC-20-10-01	2	880x40x8	42CrMo4	EN 10083	
Poz. Naziv		Br. Crteža	Br. komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmene
Materijal				Tehnička obrada			
Naziv:				Masa		Razmera 1:2	
Datum: 1. Septembar 2019				Naziv: Pokretna poluga 1			
Dizajnirao: Nina				Izradio: Aleksandra			
Odobrio: Aleksandra				Izradio: Aleksandra			
Strand Dobor:				Izradio: Aleksandra			
Fakultet inženjerskih nauka				Oznaka: ZRCCC-20-10-00		List: 1	
Bz. i Izmene		Datum		Izd. broj:		Korizna za:	
		13				14	

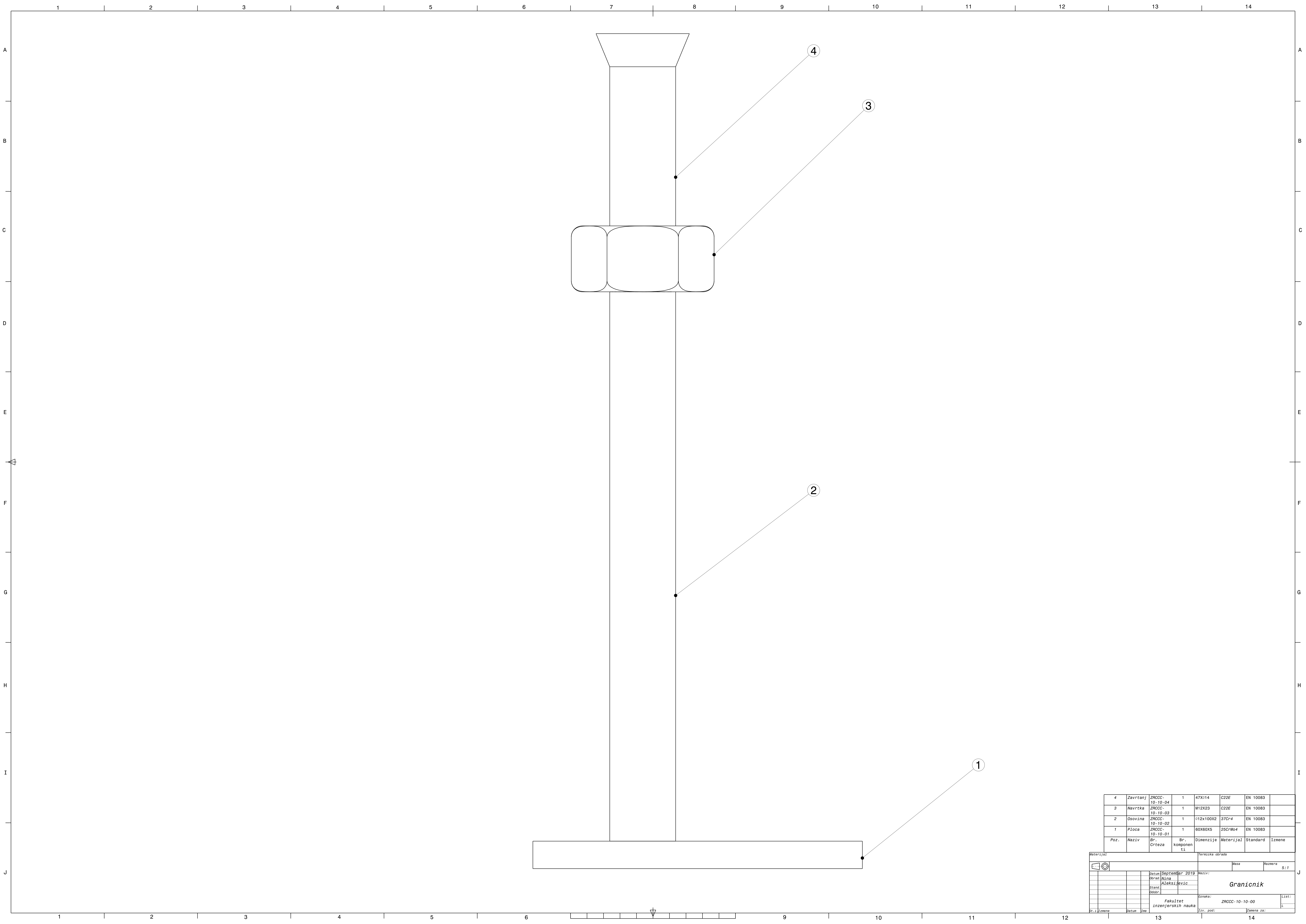


4	Kosnik	ZRCCC-20-20-04	4	49x65x8	25CrMo4	EN 10083	
3	Čevasti odstojnik	ZRCCC-20-20-03	2	543x40x10	36CrNiMo4	EN 10083	
2	Kvadratni odstojnik	ZRCCC-20-20-02	1	543x40x10	36CrNiMo4	EN 10083	
1	Poluga	ZRCCC-20-20-01	2	786x40x8	42CrMo4	EN ISO 14713	
Poz. Naziv		Br. Crteža	Br. Komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmena

Materijal				Tehnička obrada			
				Masa		Razmera	
						1:2	
		Datum: 15. septembar 2019		Naziv:			
		Domaćin: Miro		Pokretna poluga 2			
		Aleksijević					
		Stav: 1					
		Ostav: 1		Znak: ZRCCC-20-20-00		List: 1	
		Fakultet inženjerskih nauka		Izv. pod:		Izmena za:	
St. i. izmene		Datum		13		14	

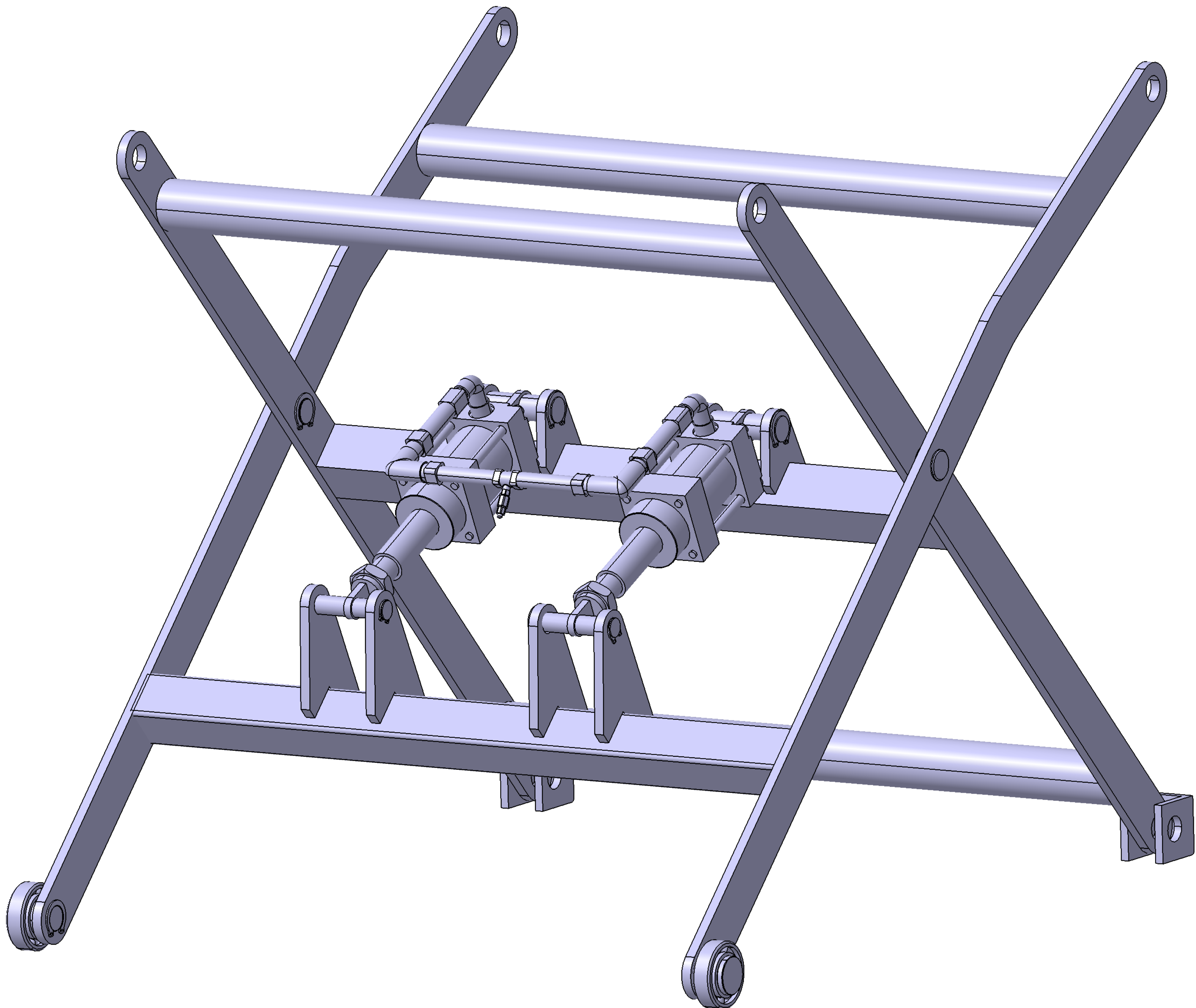
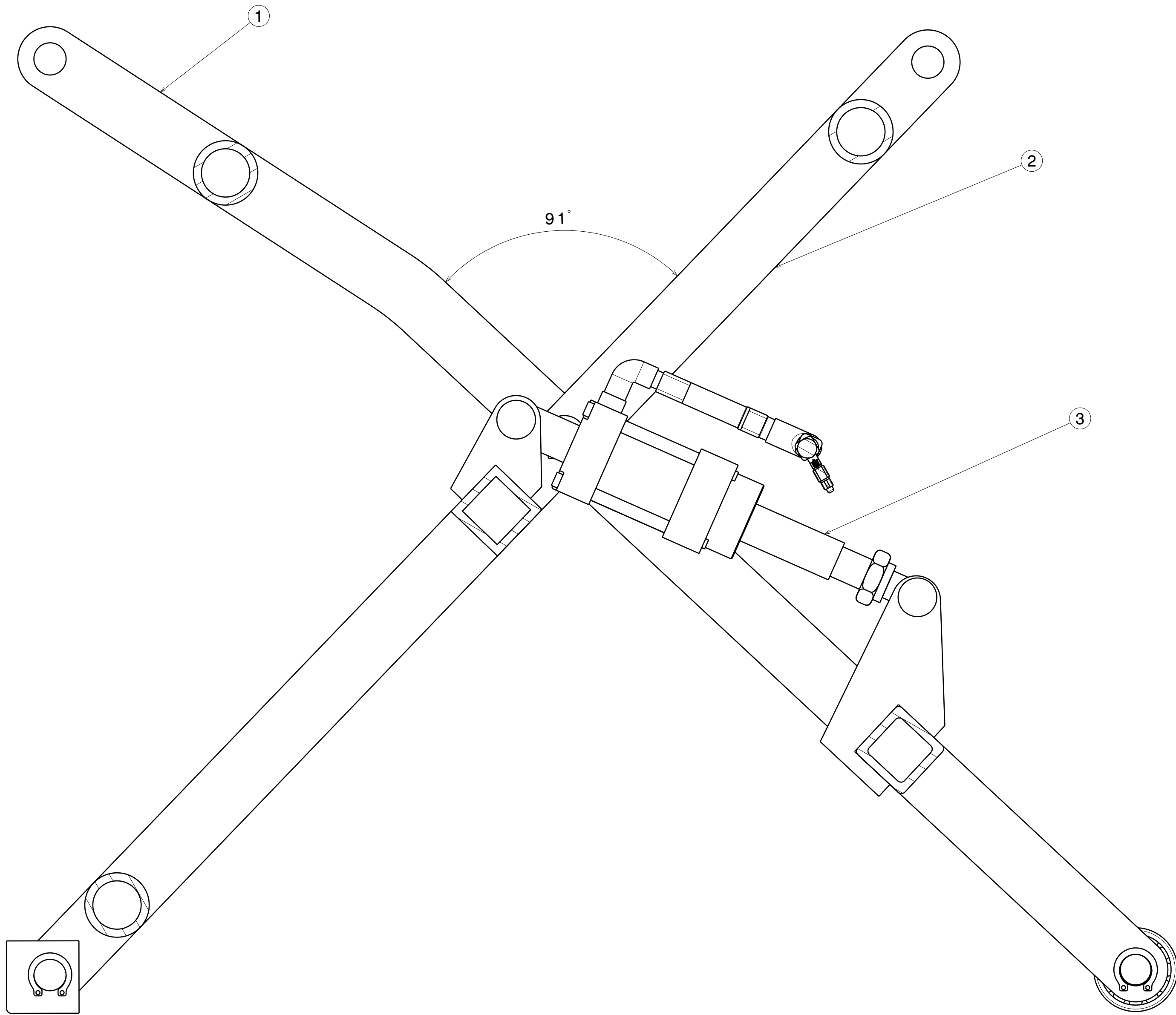
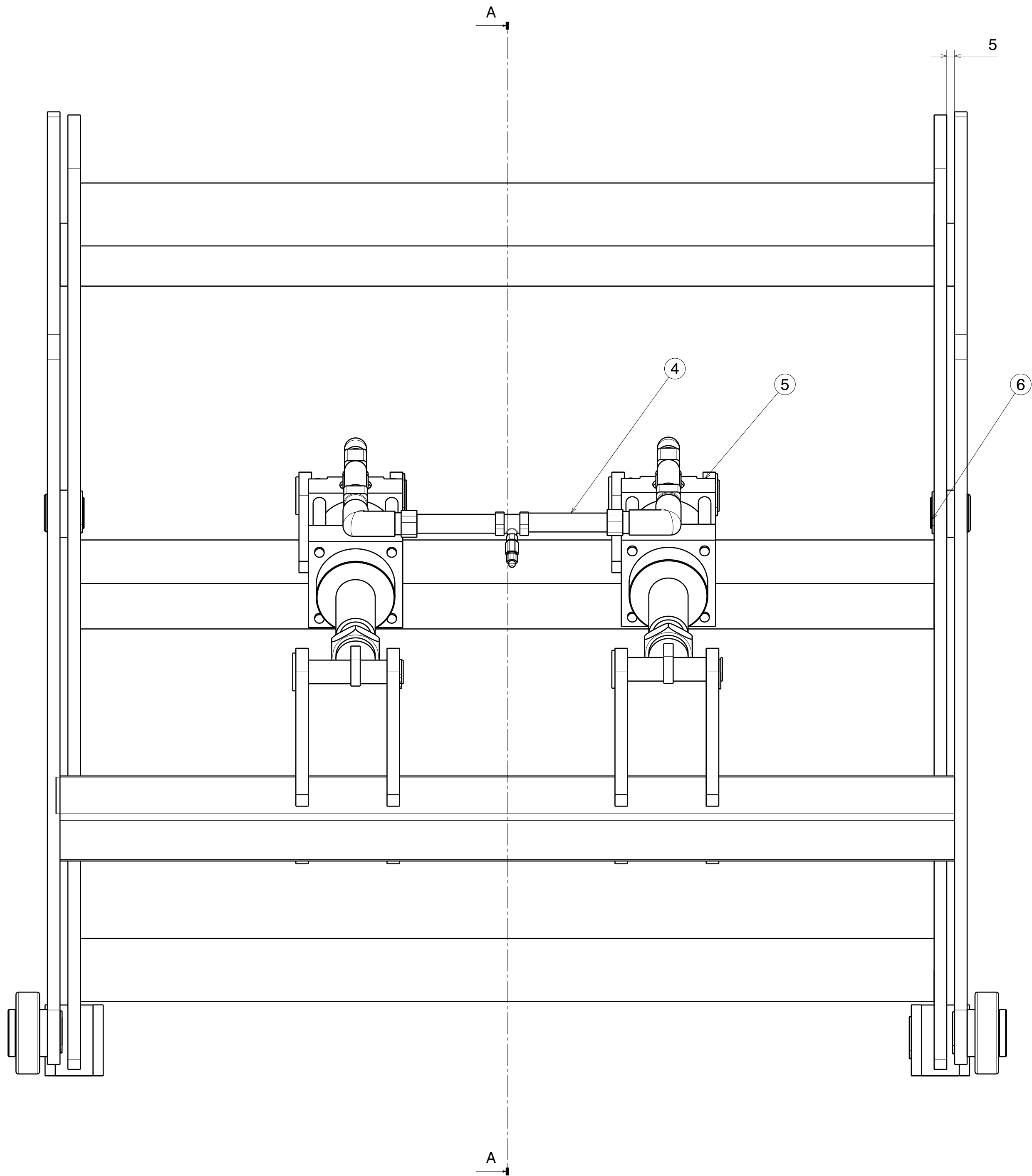


5	Usice 2	ZRCCC-10-00-04	2	45x37x6.5	25CrMo4	EN 10083	
4	Granica 1	ZRCCC-10-10-00	4	152x60	C.0545		
3	Usice 1	ZRCCC-10-00-03	4	90x70x10	S235JR+M	EN 10025-2	
2	L profil - vceli	ZRCCC-10-00-02	2	1050x50x5	25CrMo4	EN 10083	
1	L profil - manji	ZRCCC-10-00-01	2	680x60x5	25CrMo4	EN 10083	
Poz.	Naziv	Br. Crteza	Br. Komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmena
Materijal				Izvedena obrada			
C.0545							
							
Datum: 29. Septembar 2019				Naziv:		Masa	Razmera 1:2
Obrat: Miroslav Aleksić							
Stand:				Postolja			
Odobr:							
Fakultet				Iznaka:		ZRCCC-10-00-00	List:
Inženjerskih nauka							I.
Br. Iznosa		Datum		Izv. pod:		Izmena za:	
13		14					

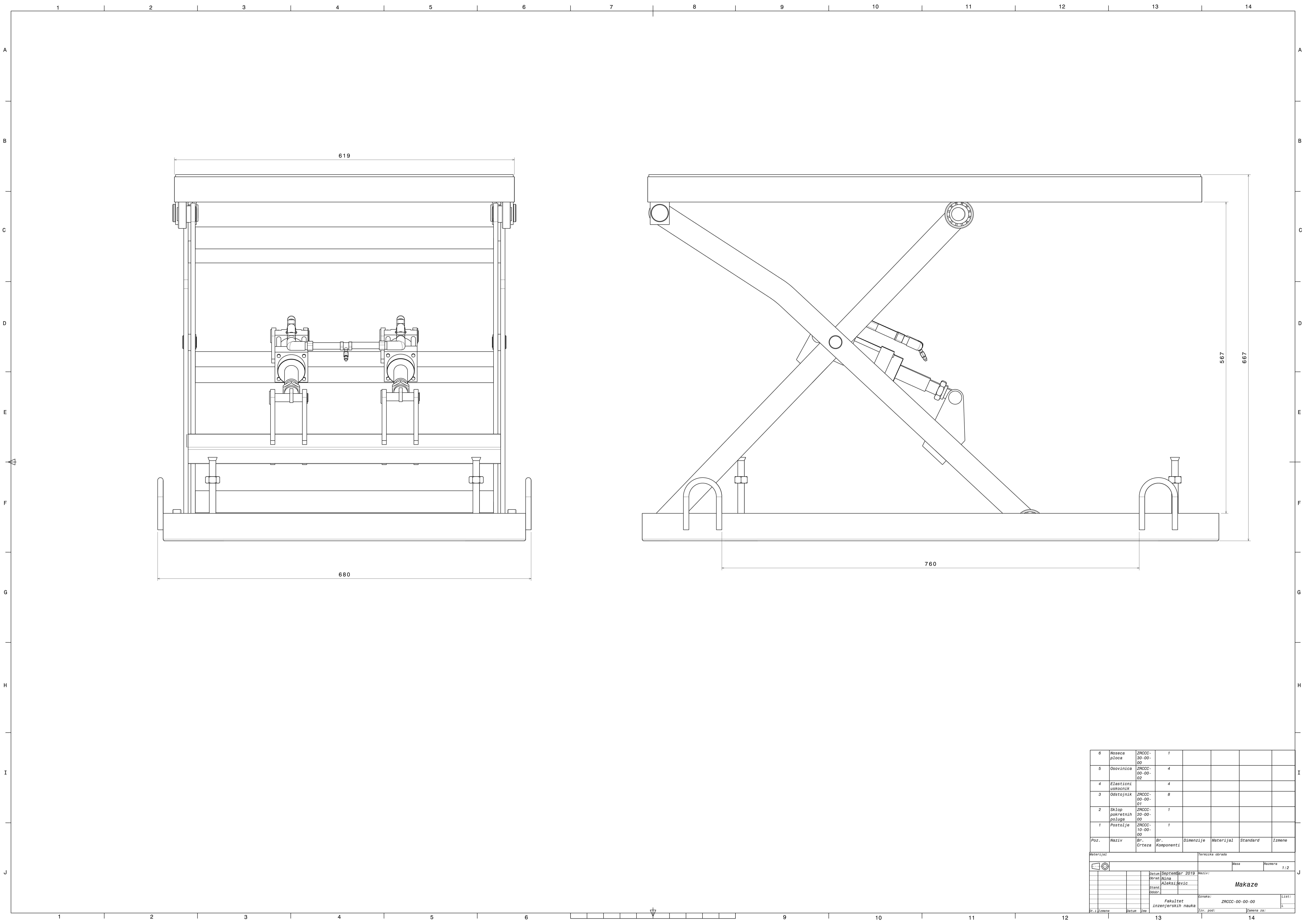


4	Zavrtnaj	ZRCCC-10-10-04	1	47X014	C22E	EN 10083	
3	Navrtka	ZRCCC-10-10-03	1	M12X23	C22E	EN 10083	
2	Osovina	ZRCCC-10-10-02	1	12x100X2	37Cr4	EN 10083	
1	Placa	ZRCCC-10-10-01	1	60X60X5	25CrMo4	EN 10083	
Poz.	Naziv	Br. Crteza	Br. komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmene

Materijal				Tehnicka obrada			
				Masa		Razmera	
Datum: 10.10.2019				Naziv:			
Obrad: Nina				Granicnik			
Odobr: Aleksijevic							
Fakultet inženjerskih nauka							
Izv. pod:				Oznaka: ZRCCC-10-10-00		List: 1	
St. izdane		Datum		Ize		Izmene za:	
13				14			



6	Elastični uskočnik		4				
5	Osovina cilindra	ZRCCC-20-00-01	4				
4	Cev	1					
3	Cilinder	2					
2	Pokretna poluga 2	ZRCCC-20-20-00	1				
1	Pokretna poluga 1	ZRCCC-20-10-00	1				
Poz.	Naziv	Br. Crteža	Br. Komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmene
Materijal				Formička obrada			
				Masa		Razmera XXXX	
</							



6	Noseca ploca	ZRCCC-30-00-00	1				
5	Osovinica	ZRCCC-00-00-02	4				
4	Elastični uskočnik		4				
3	Odstojnik	ZRCCC-00-00-01	8				
2	Sklop pokretnih poluga	ZRCCC-20-00-00	1				
1	Postolje	ZRCCC-10-00-00	1				
Poz.	Naziv	Br. Crteža	Br. Komponenti	Dimenzije	Materijal	Standard	Izmene

Materijal				Formička obrada			
				Masa		Razmera 1:2	
				Naziv:			
				Makaze			
				Oznaka: ZRCCC-00-00-00			
				List: 1			
				Izv. pod: Izmena za:			
St. i. izmene		Datum i.ve		13		14	