

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Миодраг Р. Јоковић

Моделирање и оцена рама бицикла
Мастер рад

Крагујевац, 2019.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Индустријски дизајн

Број индекса: 347/2017

Миодраг Р. Јоковић

Моделирање и оцена рама бицикла

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Лозица Ивановић, ред. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- истражи, објасни и прикаже значај правилне примене методологије дизајна на примеру конструкције рама бицикла;
- прикаже постојећа конструкциона решења рама бицикла и предложи ново решење;
- креира моделе варијантних решења рама и анализира их применом методе коначних елемената;
- интерпретира резултате анализе и изведе закључак о примељивости новог решења рама бицикла.

Препоручена литература:

- [1] Ивановић Л., Кузмановић С., Вереш М., Рацков М., Марковић Б., Индустријски дизајн, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2015.
- [2] Kocabiyik E., Engineering Concepts in Industrial Product Design With A Case Study of Bicycle Design, İzmir, Turkey, 2004.
- [3] Марјановић Н., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2001.

Крагујевац, 2019. год.

Ментор:

Др Лозица Ивановић, ред. проф.

Изјављујем да сам овај мастер рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

347/2017 Миодраг Јоковић

Резиме

Рам представља основу сваког бицикла и његов главни задатак је да бицикл учини стабилном конструкцијом која ће да издржи задата оптерећења. Сврха овог мастер рада је дизајн нове концепције рама бицикла. У првом делу рада описан је развој индустријског дизајна, његов основни задатак и циљеви, као и фазе провеса дизајна. Затим су приказане основне карактеристике бицикла и његове врсте према облику рама и његовој намени. Моделирање нове концепције рама бицикла и анализа напонског и деформационог стања урађени су уз помоћ софтвера *Autodesk Inventor 2019*. Анализа напонског и деформационог стања нове концепције рама извршена је за четири случаја расподеле вредности сила. Након урађене анализе извршено је упоређивање добијених резултата за сва четири разматрана случаја и донесени су закључци о томе да ли нова концепција рама задовољава потребне услове са аспекта поузданости и функционалности.

Кључне речи: индустријски дизајн, бицикл, стабилна конструкција, напони, деформације.

Summary

The frame is the basis of every bike and its primary task is to make the bicycle a stable construction that will withstand the specified loads. The purpose of this masterwork is to design a new concept for a bicycle frame. The first part of the paper describes the development of industrial design, its basic task and goals, as well as the stages of the design process. Then, the basic characteristics of a bicycle and its type according to the frame shape and its purpose are presented. Modeling of the new bicycle frame concept and stress and deformation state analysis were done using Autodesk Inventor 2019. The stress and deformation state analysis of the new frame concept was performed for four cases of force distribution. After the analysis was done, the results obtained were compared for all four considered cases and the conclusions were reached as to whether the new frame concept meets the necessary conditions in terms of reliability and functionality.

Key words: industrial design, bicycle, stable construction, stresses, deformations

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ИНДУСТИЈСКИ ДИЗАЈН	2
2.1. Историјски развој дизајна	2
2.2. Дефиниција, задатак и циљеви дизајна	6
2.3. Фазе процеса дизајна	7
3. БИЦИКЛ	10
3.1. Историјски развој бицикла	10
3.2. Основни делови и начин функционисања бицикла.....	12
3.3. Рама	17
3.3.1. Подела бицикала према облику рама и намени	17
3.3.2. Материјали за израду рама.....	22
3.3.3. Геометрија и избор величине рама бицикла	23
4. ДИЗАЈН НОВЕ КОНЦЕПЦИЈЕ РАМА.....	26
4.1. Листа захтева нове концепције.....	27
4.2. Идејна решења	28
4.3. Модел рама	30
4.4. Безбедност и употребљивост	35
5. АНАЛИЗА НАПОНСКОГ И ДЕФОРМАЦИОНОГ СТАЊА НОВЕ КОНЦЕПЦИЈЕ РАМА.....	36
5.1. Резултати анализе првобитно усвојеног решења.....	38
5.2. Резултати анализе коначно усвојеног решења.....	39
5.3. Дискусија добијених резултата	52
6. ЗАКЉУЧАК	53
ЛИТЕРАТУРА.....	54

1. УВОД

Да би постао једно од најмасовнијих превозних средстава, бицикл је од свог настанка па све до данас доживео значајне промене, али је начин његовог функционисања остао исти. Први корак у еволуцији бицикла начињен је када је доказано да возило са два точка која се налазе у линији може да буде стабилно и да се њиме може управљати. Упркос важности каснијих иновација, све су то били логични кораци попут примене ланчаног преносника, степена преноса, точкова са пнеуматским гумама итд.

Бицикл представља оригиналан проналазак, због тога што његов дизајн није могао да буде инспирисан природом, за разлику од аутомобила који су „кочија без коња“, авиона који су „гвоздене птице“ итд.

Због човекове потребе да себи олакша кретање, бицикл убрзо постаје масовно превозно средство индивидуалног превоза и имао је огроман друштвени и технолошки утицај, пружајући слободу путовања обичним људима и доприносећи мноштву друштвених трансформација.

Од свог настанка па до данас, основна форма бицикла се није много променила. Развој технологије донео је примену квалитетнијих материјала за израду рама, па данашњи бицикли имају много боље карактеристике, од којих су најбитиви управљивост и удобност. Део бицикла који је кроз историју претрпео највеће промене је рам. Овај део представља основу бицикла чији је задатак да бицикл учини стабилном конструкцијом и да издржи задата оптерећења.

Данас се рамови бицикли израђују у различитим облицима у зависности од својих величина и намена. Поред своје функционалне улоге, рам има потребу да испуни и естетску улогу, због тога што он представља најочљивији део бицикла и потребно је да остави добар утисак на посматрача. Као опште правило у дизајнирању бицикала, када се повећавају перформансе бицикла, удобност бицикла се смањује.

Да би правилно дизајнирали рам, потребно је анализирати напон и деформације у оптерећеном делу рама, а затим видети како се напони могу смањити избором геометрије рама, материјала и метода спајања.

Развој бицикла је дао велики допринос друштву, у погледу културе и развоја индустрије. Неколико компоненти које су представљале кључну улогу у развоју аутомобила су развијене помоћу самог бицикла, укључујући кугличне лежајеве, пнеуматске гуме, ваљкасте ланце и жичане точкове.

2. ИНДУСТИЈСКИ ДИЗАЈН

2.1. Историјски развој дизајна

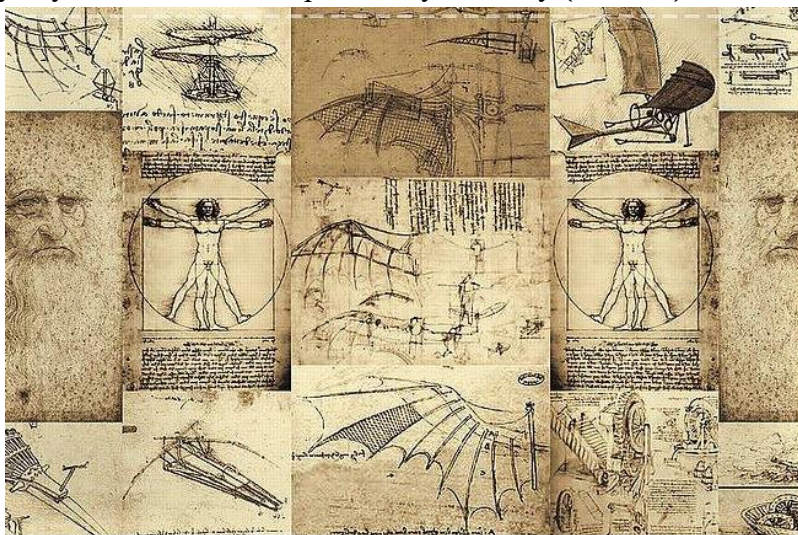
Кроз већи део историје, када је људима био потребан одређени предмет, они су га сами или створили или пронашли некога да то направи за њих. Појединци су се можда специјализовали за њихову производњу, као што су обућари и столари, али је њихов производ још увек био у великој мери јединствена творевина.

Почетак датира још пре 40.000 година када су наши преци користили слике како би описали своје идеје, дизајне и алате за будуће генерације на зидовима пећина у којима су живели. Постоје докази да је генерализована израда коришћена за стандардизацију самострела и другог оружја још у 4. веку п.н.е. у Кини.

Значајан допринос за настанак и развој дизајна имале су ликовне уметности, као што су вајарство и сликарство. Разна уметничка дела послужила су као инспирација за израду предмета и у примени боја. Вајарство је дало свој допринос у разумевању елемената скулптуре и њихове пропорционалности.

Архитектура је једна од најважнија дисциплина за развој дизајна због тога што се велики број архитеката у то доба поред архитектуре бавило дизајном. Многе грађевине из античког римског и грчког доба па све до данас била су инспирација за развој дизајна, [1,2].

Можда и највећи утицај на развој самог дизајна имао је чувени Леонардо да Винчи (*Leonardo da Vinci*) за време Хуманизма и Ренесансе у 15 веку. 1483. године Леонардо се преселио у Милано, где је радио као цивилни и војни инжењер, а посао сликара и вајара му је постао споредно занимање. Ту је започео своје прве систематске научне студије базиране на практичним искуствима из анатомије, ботанике, математике, физике и механике. Да Винчи је целог живота цртао, велики број његових цртежа се налази у збирци Атлантски кодекс која се чува у библиотеци Амбросиана у Милану (слика 1), [3].



Слика 1. Цртежи Леонарда да Винчија, [4]

У њој се налазе цртежи биљака, шеме зупчаника, точкова, оружја. Ту су, такође скице за прављење утврђења и шеме артиљеријског оружја, цртежи летећих машина, тенкова, опреме за роњење и друге разне иновације које су вековима касније направљене.

Занатски послови су у великој мери развили дизајн због тога што су се предмети ручно израђивали. Међутим, убрзано побољшање производних капацитета током индустријске револуције 18. и 19. века је довело радикалне промене у масовној производњи идентичних предмета. Ова револуција обележила је прелазак на нове производне процесе. Она је ручну производњу претворила у машинску, увела нове процесе и повећала продуктивност.

Прве реформе у области индустријске производње увео је Вилијам Морис (*William Morris*) под снажним утицајем писца Џона Раскина (*John Ruskin*) који је сматрао да модеран начин производња уништава уметност и креативност. Њихова идеја је била да се користе уметнички облици за индустријске производе, али не због њиховог украса већ због функционалности. Ова реформа је углавном била неуспешна због ручне израде, али је имала великог утицаја на модеран индустријски дизајн.

Од индустријске револуције, прешло се на повећање аутоматизације уз употребу производних линија за стварање производа у што већим количинама. Овакав напредак у производњи не би био могућ у време једноставних ручних алата.

Немачки архитекта Херман Мутезиус (*Hermann Muthesius*) 1907. год. оснива Дојчер Беркбунд (*Deutscher Werkbund*), савез уметника, дизајнера, занатлија и индустријалаца са циљем подизања конкурентности немачке робе на светском тржишту. Индустријски дизајн се углавном сматрао феноменом 20. века. За првог индустријског дизајнера често се сматрао немачки архитекта Петер Беренс (*Peter Behrens*), на кога је велики утицај имао енглески дизајнер из 19. века Вилијам Морис и његов покрет уметника и занатлија. Почевши од 1907. године, Беренс је био уметнички саветник за АЕГ компанију, за коју је дизајнирао, не само индустријске зграде, већ и мале електричне апарате, од чајника до вентилатора. Поред тога, он је одредио корпоративни идентитет компаније, паковање и оглашавање. И сам Беренс је утицао на многе архитекте-дизајнере следеће генерације, укључујући Валтера Гропијуса, оснивача чувене немачке школе дизајна Баухаус (Нова школа). Основана је 1919. године у Вајмару, у Немачкој.

У овој школи предавала су најпознатија европска имена из области архитектуре и дизајна као што су Валтер Гропијус (*Walter Gropius*) архитекта и дизајнер, Мис Вандероје (*Mies van der Rohe*) архитекта и дизајнер, Гропијус и Мис су дизајнирали разне грађевине као и објекте мањих димензија. На пример, Гропијус је био архитект нове зграде Баухауса када се школа преселила у Десау 1925. године, али је такође дизајнирао ентеријере за аутомобиле Адлер (1930–33), [5].

Учење ове школе заснивало се на важности геометрије, прецизности, једноставности и економичности у дизајну производа и архитектури. Основне карактеристике Баухауса су функционалност и правилан геометријски облик. Једна од основних идеја индустријског дизајна, да облик следи функцију, најбоље приказује пример Баухаус шаховске табле (слика 2).



Слика 2. Баухаус шаховска табла, [6]

Утицај Баухауса био је веома велик у Немачкој, Европи и САД. Настава је била организована у облику радионица за поједине технике попут столарства, обраде метала, керамике. Рад у овој школи прво се заснивао на похађању теоретске наставе, затим се истражује форма, композиција производње, и на крају се у радионицама уз помоћ савремених алата и машина правили прототипови будућих производа. Доласком нацизма школа престаје са радом, а доста њених наставника прелази у САД, где је у Илиноису основан Нови Баухаус.

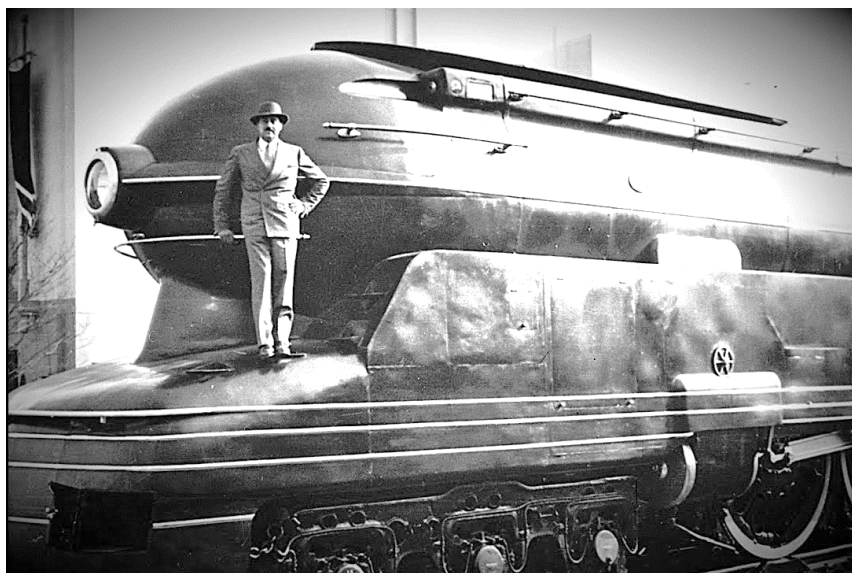
У то време, после Октобарске револуције у Совјетском Савезу, долази до појаве покрета, руског конструктивизма ког су основали Антоан Певснер (*Antoine Pevsner*) и Наум Габо (*Нехамия Беркович Певзнер*). Појавом овог покрета долази до настанка конструктивне уметности и самим тим модернијег дизајна. Доласком Стаљина на власт доживели су исту судбину као представници школе Баухауса и морали су да се преселе и наставе свој рад у САД.

Упркос томе што се често сматрало да је Немачка оснивач модерног индустријског дизајна, САД је водећа земља у развоју индустријског дизајна. Сједињене Државе су изашле из Првог светског рата (1914–1918) физички неоштећене; насупрот томе, многи европски градови и индустријски објекти нису били само оштећени, већ у неким случајевима и потпуно уништени током година рата и каснијим социјалистичким и комунистичким револуцијама.

Због такве предности се само могло ићи узбрдо и људи су тражили више начина да повећају производњу и развију иновације које ће променити свет. Хенри Форд (*Henry Ford*) је познат као један од првих који је користио покретну траку за масовну производњу

аутомобила 1913. године и од тада је индустријски дизајн могао да настави са даљим иновацијама, [5].

Амерички канцеларија за патенте је 1913. године усвојила термин индустријски дизајнер, а, као и у Европи, формиране су организације које обједињују професионалце за визуелне уметности који су помогли у стварању потрошачких производа и окружења. Године 1919. Француски инжењер Рејмонд Леви (*Raymond Loewy*) прелази да живи у САД и почиње да развија индустријску естетику. Он се сматра оснивачем комерцијалног дизајна. Он је био у стању да пројектује фрижидере, локомотиве, аутомобиле и дизајнира стил таквих фирми као што су Кока Кола (*Coca Cola*), Шел (*Shell*), Лаки Страјк (*Lucky Strike*), итд. Био је укључен у развој бројних железница широм Америке, укључујући и дизајн чувене Пенсилванијске С-1 локомотиве (слика 3). Његова каријера је трајала седам деценија. Индустријски дизајнери тог времена нису само пројектовали и развили нове производе, већ су развили потпуно нови начин продаје и рекламирања самих производа.



Слика 3. С-1 Локомотива, [7]

Током II Светског рата долази до застоја у развоју индустријског дизајна, због тога што су се у Европи више фокусирали на производњу наоружања. По завшетку II Другог светског рата индустријски дизајн је поново почео да добија на значају и полако почео да се враћа у Европу. Године 1953. у Немачком граду Улму поново се отвара школа за дизајн која је наставила да прати рад Баухаус школе, али такође увуди савремене методе.

С временом су стручњаци схватили важност дизајна за побољшање квалитета производње. Више од хиљаду америчких компанија имало је своје представнике у Европи средином 20. века. Успех ових фирми зависио је од професионалности њихових дизајнера који су измислили необичан дизајн својих производа који су се разликовали од европских. Шездесете године карактеришу велики број међународних конференција и састанака посвећених индустријском дизајну. Главни дизајнери су утврдили листу најважнијих

карактеристика облика и функционалности, које производе претварају у јединствену целину са становишта потрошача и произвођача, [8].

Осамдесете године прошлог века повезане су са брзим развојем технологија које су омогућиле стварање висококвалитетних и мултифункционалних машина и апарата који могу да испуне више обавеза и операција брже и боље од људских бића. Штавише, истакнути инжењери и научници почели су да обраћају посебну пажњу на функционалност и стил сваког производа. Дизајнери осмишљавају најбоља технолошка решења за старе уређаје, побољшавајући њихов квалитет, функцију и облик.

Ако се упореди развој познатих аутомобила, јасно је се улога дизајнера не може занемарити. Најчешће, најбољи аутомобили преживели су дуг процес еволуције (слика 4). С временом су побољшали свој облик и перформансе, добили нове функције и карактеристичне особине.



Слика 4. Еволуција аутомобила, [9]

Појавом и развојем рачунарске и софтверске технологије њена улога у индустријском дизајну постаје све већа, због тога што скраћује време производње и омогућава развој нових начина израде производа. Данас се види да готово свакодневно водеће иновације мењају начин на који се користи одређени производ. Не постоји ограничење по питању иновација и развоју индустријског дизајна, било да се ради о препознавању лица и отиска на најновијем мобилним телефонима итд, [8].

2.2. Дефиниција, задатак и циљеви дизајна

Реч дизајн је настала од латинске речи *designare* што значи одредити, означити. У енглеском језику реч *design* се тумачи као план, цртеж или скица, нека идеја изражена цртежом, уметничко обликовање, планирање, пројектовање, развој идеја. Појам дизајн, преузета је из енглеског језика и користи се у српском језику и култури од средине шездесетих година 20. века.

Дизајн се дефинише као интелектуални, технички и креативни процес конципирања и обликовања предмета, простора, услуга и визуелних комуникација.

Дизајн представља, пре свега примену уметности, као и науке и филозофије. Основни задатак дизајна је да човекову околину трансформише и што боље прилагоди човеку, како би она постала што функционалнија и лепша. Дизајн је уметност јер се њиме не могу бавити особе које немају изузетан осећај за лепо. Дизајн је и наука јер за сваки успешан и леп производ је потребан процес истраживања, који захтева посебну методологију приступа. Такође научни аспект дизајна показује да се дизајн у одређеној мери може научити, али не и довољно да неко ко нема осећај за лепо, може стварати естетски лепе производе. Дизајн је и филозофија, због тога што се увек може дискутовати о томе да ли је нешто и зашто и колико, лепо или не, [1].

Када је реч дизајну он се дели на неколико најбитнијих дисциплина, као што су:

- Индустријски дизајн, повезан са пројектовањем и развојем свих производа за индустријску масовну производњу (дизајн аутомобила, мотоцикала, бицикала, телефона, апарата за домаћинство, намештаја, одеће и обуће итд.),
- Графички дизајн, који се односи на стварање виртуелне комуникације коришћењем типографије, слика, симбола и других штампаних производа (дизајн књига, плаката, амбалаже, итд.) и
- Дизајн ентеријера, чије су активности усмерене на потпуно функционално и естетско уређење унутрашњег простора, али не само на избор и распоред намештаја, већ и потпуну оптимизацију и хармонизацију простора.

Данас, појавом све већег броја произвођача истог производа, са једнаким нивоом квалитета, ценом и роковима испоруке, дизајн је постао пресудан фактор од којег зависи продаја производа. Због тога се дизајну данас и посвећује тако велика пажња, како би се јединственим дизајном производа придобили купци. Данас практично нема производа код којег дизајн није битан. Код неких је он у већој, а других, у мањој мери изражен, али ни код једних није занемарен. Због тога се већ одавно јавила потреба за изучавањем дизајна и на техничким факултетима, како би се студенти тих факултета упознали са значајем дизајна и како би они касније, у што већој мери могли да помогну професионалним дизајнерима, да дизајнирају производе који ће својом једноставношћу, функционалношћу и лепотом што лакше да придобију купце, [1,10].

2.3. Фазе процеса дизајна

Процес дизајна је методички низ корака које дизајнер користе у стварању функционалних производа и процеса. Дизајн неког производа је итерациони процес који се изводи у неколико фаза, прелазак у сваку следећу фазу је могућ после завршетка претходне. На слици 5 приказане су фазе процеса дизајна које ће у наставку бити објашњене, [1,11].



Слика 5. Фазе процеса дизајна, адаптирано [11].

Идеја

Сваки производ мора почети са идејом. У неким случајевима то може бити прилично једноставно, заснивајући нови производ на нечему сличном што већ постоји. У другим случајевима, то може бити нешто револуционарно и јединствено, што може значити да је део процеса генерисања идеја много више укључен. У ствари, многи водећи произвођачи имају читава одељења која се фокусирају само на задатак да смисле „следећу велику ствар“.

Истраживање

Организација може имати пуно идеја за нови производ, али након што одабере најбољи од њих, следећи корак је започети истраживање тржишта. То им омогућава да виде да ли постоји вероватноћа да постоји потражња за овом врстом производа, као и које специфичне захтеве је потребно развити да би се најбоље задовољиле потребе овог потенцијалног тржишта. Током ове фазе скицира се идејно решење како би се боље уочили могући проблеми и ограничења.

Развој

Следећа фаза је развој производа. Ова фаза почиње са низом скица помоћу којих се развијају карактеристике производа, тако да свака концепција дизајна буде јединствена. Развој представља креативну фазу у којој настају идеје за сваки важан аспект производа: облик, ергономија, структура, производња, склапање, одржавање, итд. Прототипови се могу модификовати кроз различите фазе дизајна и производње како би се створио готов производ који ће потрошачи желети да купе.

Тестирање

Пре него што се већина производа лансира на тржиште, произвођач потроши велику количину новца на производњу, тестирање и промоцију. Коришћењем савремених технологија могуће је креирати 3D модел који омогућава примену различитих метода симулације у циљу тестирања самог производа од идеја до његовог коначног дизајна. Већина компанија ће такође свој нови производ тестирати са малом групом стварних потрошача. Ово помаже да се осигура да имају одржив производ који ће бити профитабилан на тржишту.

Анализа

Разматрање повратних информација од тестирања и потрошача омогућава произвођачу и дизајнеру да изврши све потребне промене на производу, а такође да одлучи и како ће их представити на тржишту. Помоћу информација од стране потрошача могуће је

донети низ стратешких одлука које ће бити кључне за успех производа, укључујући и цену по којој се продаје и како ће се производ пласирати на тржиште.

Представљање

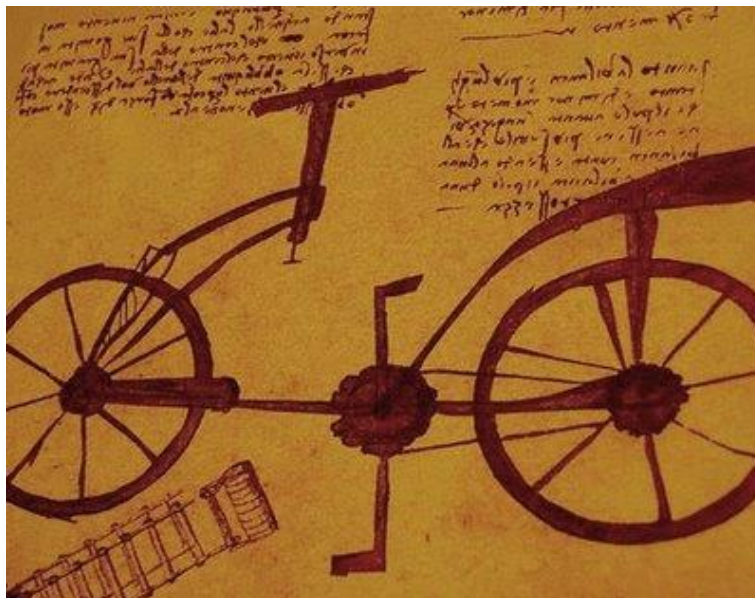
Коначно, када је производ већ прошао кроз нову фазу развоја производа, преостало је само да се представи на тржишту.

Хиљаде нових производа стиже у продају сваке године, а произвођачи улажу много времена, труда и новца у настојање да осигурају да сваки нови производ који представе буде успешан. Стварање профитабилног производа не односи се само на то да сваку фазу развоја новог производа исправно урадите, већ и на праћење производом након што је представљен, а затим током његовог радног века, [1,11].

3. БИЦИКЛ

3.1. Историјски развој бицикла

Леонардо да Винчи (*Leonardo da Vinci*) је био први човек који је дао цртеже бицикла, негде око 1493. године (слика 5). Међу многобројним цртежима у збирци Атлантски кодекс која се чува у библиотеци Амбросиана у Милану, пронађен је и цртеж возила које подсећа на данашњи бицикл. Није познато да ли је он успео да направи тај бицикл, већ се на први бицикл морало чекати још неколико векова, [2].



Слика 5. Цртеж Леонарда да Винчија, [12]

Немачки учитељ Карл Драјс (*Karl Drais*) изумео је први бицикл који је могао да се вози. Настао је 1817. године, (слика 6). Бицикл се састојао из две целине: два точка истих димензија и управљача причвршћеног за рам који је требало да се опкорачи. Бицикл је био израђен од дрвета, због тога што није имао педале, покретао се на ножни погон. Зато је добио име „дрвени коњић“ и због ножног погона није био много популаран и брзо је изашао из употребе, [13].



Слика 6. Дрвени коњић, [14]

Шкотски ковач Киркпатрик Мекмилан (*Kirkpatrick Macmillan, 1812.– 1878.*) увео је велику револуцију у развоју бицикла 1839. године, због тога што је олакшао вожњу бицикла тако што је дизајнирао бицикл са погоном на педале (слика 7). Када су Енглези, Џејмс Старлеј (*James Starley*) и Вилијам Хилман (*William Hillman*) конструисали бицикл са металном конструкцијом и ланчаним преносом на задњи точак, такав бицикл је могао да развије брзину од 23-24 km/h и доста је подсећао на данашњи бицикл, не само због изгледа већ и својих карактеристика, [13].



Слика 7. Мекмиланов модел бицикла, [15]

Како би вожња бицикла била што удобнија, стабилнија и сигурнија Џејмс Старлеј (*James Starley*) конструисао је трицикл 1876. године, који је имао и светло за ноћну вожњу. Пошто је трицикл био изузетно популаран дошло је до његове масовне производње. Током времена, дизајн и конструкција бицикла су се мењали и усавршавали.

Кључна година за бицикл била је 1888. година када је ветеринар из Белфаста по имену Џон Данлоп (*John Dunlop*) измислио прву пнеуматску гуму и учинио вожњу бицикла знатно удобнијом него до тада (слика 8), [13].



Слика 8. Први бицикл са пнеуматским гумама, [16]

Индустријска револуција довела је до великог повећања градске популације, а и појединих производа. Тако је и бицикл постао доступан широј популацији и почела је масовна производња овог производа у Америци. То је довело до организовања првих бициклистичких трка, али и до оснивања бициклистичких савеза.

Педесетих година двадесетог века направљен је први „женски бицикл“ који је имао савијену пречагу између волана и седишта тако да је омогућавао удобну вожњу у дугим сукњама. Такође овај бицикл су могли да користе и мушкарци тако да је имао прилично високу цену. Од тог времена па све до данас бицикл се мењао по конструкцији и материјалу и представља врло популарно превозно средство широм света, [17].

3.2. Основни делови и начин функционисања бицикла

Бицикл се састоји од следећих основних делова (слика 9):

1. Рам
2. Точкови
3. Средњи погонски део
4. Задњи погонски део
5. Седиште
6. Ланац
7. Педале
8. Виљушка
9. Управљач
10. Мењач
11. Кочница



Слика 9. Основни делови бицикла, адаптирано [18]

Средњи погонски део

Средњи погон представља део који је у претходних неколико година доживео највеће промене. Има улогу да силу бициклисте са педале пренесе на ланац. Састоји се од осовине, леве и десне полуге педале, које се на осовину навлаче и у које се постављају педале (слика 10). Десна погонска полуга носи ланчанике у зависности од концепције и степена преноса, број ланчаника се креће од 1 до 3.

Као најбоље решење показале су се осовине са конусно четвастим завршенима на које се са обе стране помоћу завртња постављају полуге педале. У последње време видљива је тенденција коришћења осовине са звездастим завршетком што додатно повећава издржљивост као и крутост самог система, [19].



Слика 10. Средњи погонски део и осовина, [20]

Ланац

Ланац се користи како би пренео снагу са средњег погона на задње ланчанике, уједно је и део погонског механизма који се најбрже хаба и захтева честу замену (слика 11). Са напретком технологије једна од претпоставки била је да ће се радни век ланца повећавати из генерације у генерацију, али ова тврдња се није обистинила и остала је само у домену претпоставке. Са напретком бицикла, повећавао се и број брзина што је проузроковало сужење као и скраћење ланца што проузрокује брже хабање. Радни век ланца може се повећати адекватним одржавањем. Ланац треба да буде чист, (никада сув), а подмазивање ланца врши се применом одговарајућих мазива, [21].



Слика 11. Ланац и погонски део, [22]

Задњи погонски део

Задњи ланчаници се налазе са десне стране задње осовине. Мањих су димензија од предњих ланчаника (средњег погона) (слика 12). Потребно је ускладити квалитет задњег ланчаника и средњег погона како би се повећана трајност погонског дела. Ланчаници на задњем погонском делу нису исти чиме се постиже могућност промене брзина, [23].



Слика 12. Задњи погонски део, [24].

Према броју брзина задњи погонски део се може поделити на следеће склопове:

- склоп са 6 ланчаника (шестофаз),
- склоп са 7 ланчаника (седмофаз),
- склоп са 8 ланчаника (осмофаз),
- склоп са 9 ланчаника (деветофаз) и
- склоп са 10 ланчаника (десетофаз).

Предњи мењач

Предњи мењач представља механизам за промену степена преноса и састоји се од фиксног и покретног дела (кавеза). Разликују се предњи мењачи који се причвршћују за рам бицикла и мењачи који су причвршћени за осовину средњег погона (примена ове врсте мењача је веома ретка и са поузданошћу се може рећи да се они готово више и не користе). Број брзина предњег мењача огледа се у броју ланчаника средњег погона, [25].

Задњи мењач

Задњи мењач служи за промену брзина на задњем ланчанику која се врши дејством на ручицу мењача помоћу сајле. При промени брзине на виши степен, сајла се продужује, а мењач затеже ланац чиме се помера у десну страну на већи ланчаник и виши степен преноса. При пребацивању у нижу брзину процес је супротан, сајла се затеже (скраћује), а мењач попушта ланац који се помера на леви ланчаник, тј. на нижу брзину, [25].

Кочнице

Кочнице представљају кочиони систем бицикла и имају улогу да зауставе или успоре бицикл. Систем кочења код старијих модела био је заснован на контри. Кочење би се остваривало окретањем полуга педала средњег погона у супротном смеру од смера остваривања кретања.

Данас се најчешће користе хидрауличне односно диск кочнице и механичке кочнице на трење односно „бандаш” кочнице (слика 13). Хидрауличне кочнице силу остварену на ручици кочница помоћу хидраулике преносе на металну облогу која врши притисак на диск. Металне облоге имају индикатор похабаности, док се диск генерално ретко мења. Код „бандаш” кочница сајла повезује полуге чељусту кочница и њеним натезањем путем ручице кочница, пакнови се доводе у положај у коме почињу додиривати оброче точкова, [26].



Слика 13. „Бандаш” кочница (десно) и хидраулична-диск кочница (лево), [26]

Ручице кочница

Код друмских бицикала ручице кочница су вертикалне, док су код брдских и осталих бицикала, ручице постављене хоризонтално на управљачу (слика 14). Ручице кочница такође могу бити интегрисане са ручицама мењача. Дејством на леву ручицу остварује се кочење на предњем точку док се при механичком дејству на десну ручицу остварује кочење на задњем точку, [26].



Слика 14. Ручице кочница на друмском (лево) и mountain bike бициклу (десно), [26]

Точкови

Точак је састаљен из обруча, главе, унутрашње и спољашње гуме, као и жица или пречага које повезују обруч са главом (слика 15). Обручи за бицикле који користе диск кочнице се разликују од обруча за обичне кочнице. Глава са обручем може бити преплетена на различите начине, зависно од броја и осовине. Обручи се данас најчешће производе од алуминијума. По својој намени се деле на оне са кочионом површином за V-кочнице и оне намењене диск кочницама. Обручи код точкова са диск кочницама не преносе директне силе кочења, па су зато лакши, док се код обруча за „бандаш” кочнице површина хаба те је потребно обезбедити додатни материјал за кочење, услед чега су веће масе и доста чвршћи, [19].



Слика 15. Точак бицикла, [27]

Управљачки део (управљач и виљушка)

Како и сам назив говори, он служи за управљање бициклом. Постоје равни и криви управљачи. Равни управљачи су за исту величину бицикла знатно мањих димензија од кривих и на њихове крајеве се најчешће стављају рогови (*bar ends*) који код планинских бицикала лакше савлађивао пут узбрдо у стојећем положају. Криви управљачи су знатно удобнији и управљивији. Управљачи се најчешће израђују од алуминијума или карбона или као комбинација ова два материјала. Виљушка се налази испод управљача и служи да споји предњи точак бицикла са рамом. Поред тога што служи за управљање бициклом на њу се могу поставити амортизери односно суспензије, тако да се виљушке могу поделити на круте и виљушке са амортизером, [19].



Слика 16. Управљач (лево) и виљушка са амортизером (десно), [28]

3.3. Рам

Рам (слика 17) представља основу сваког бицикла, и његов главни задатак је да бицикл учини стабилном конструкцијом која ће да издржи задата оптерећења. Избор рама одређује врсту кочница које бициклиста може да користи (диск, в-брејк), затим максималну ширину гума, блатобрана, врсту управљача (раван, или друмски) и тако даље. Друге битне карактеристике на коју утиче избор рама је положај седења, удобност на бициклу, као и управљивост бицикла. Некад су рађени само од челика, а данас је технологија специјализована на лакше и отпорне материјале, који се нарочито користе у спортске сврхе, док се за јефтиније и теже материјале произвођачи одлучују због цене, [29].

Рам бицикла чине следећи делови (слика 17):

1. Горња цев
2. Доња цев
3. Седишна цев
4. Цев управљача
5. Задња виљушка (коси део)
6. Задња виљушка (хоризонтални део)



Слика 17. Делови рама бицикла, [29].

3.3.1. Подела бицикала према облику рама и намени

Бицикли се према облику рама и намени могу поделити на следеће врсте, [19]:

- Друмски бицикл,
- Градски бицикл,
- Планинки бицикл,
- Трекинг бицикл и
- Женски бицикл.

Друмски бицикл

Друмски бицикл је погодан за рекреативце и почетнике и може пружити уживање искључиво ако у близини места где се живи има квалитетних асфалтних путева и не превише оптерећених бициклистичких стаза (слика 18). Ови бицикли намењени су за бржу вожњу, али управо због тога поседују изузетно уске гуме и осетљиве точкове и због тога је потребна квалитетна подлога за вожњу ове врсте бицикла. Такође, возити их градским бициклистичким стазама нема превише смисла јер због уобичајених препрека и гужви на стазама нема прилике да се искористи потенцијал ових бицикала. Због самог аеродинамичног положаја удобност оваквих бицикала је знатно мања од свих осталих врста бицикала, [30].



Слика 18. Друмски бицикл, [31]

Градски бицикл

Постоји у најразличитијим облицима, почевши од оних на којима је избачено све осим најпотребнијих ствари па до бицикала који на себи имају све потребне и непотребне детаље (слика 19). Данас су све популарнији градски бицикли који не поседују мењач брзина или је чак пренос путем ланца директан тако да се и точак окреће увек, у смеру окретања педала. Градски бицикли често поседују пренос са мењачем унутар саме задње главе бицикла. На овај начин, мењачки механизам је заштићен од спољашњих утицаја и све знатно елегантније изгледа. Основна мана ових бицикала је њихова маса. Често су тешки и преко 15 kg, али то неће имати велики утицај ако се користи као превозно средство, а не у спортске сврхе, [30].



Слика 19. Градски бицикл, [32]

Међу градске бицикла спадају и такозвани склопиви (*folding*) бицикли (слика 20). То је модерна варијанта некадашњих пони бицикала. Пројектовани су да након склапања заузму свега делић простора у стану или пртљажнику аутомобила а при томе су потпуно употребљиви у саобраћају. Такође постоје и склопиви бицикли у пуној величини који замењују стандардне градске или планинске бицикле, [30].



Слика 20. Склопиви бицикл, [33]

Планински бицикл

Ова врста бицикла првенствено је намењена за вожњу у планинским условима и по неравном терену. Поседују чврст рам који је израђен од квалитетнијих материјала, шире гуме и такође имају велики број брзина, са спорим преносима који се користе при брдској вожњи. Опремљени су са амортизерима и због тога се могу поделити у две групе:

- Планински бицикл без задњег и
- Планински бицикл са задњим амортизером

Планински бицикл без задњег амортизера

Планински бицикл без задњег амортизера представља једну од најзаступљених врста бицикала (слика 21). Осим што служи као превозно средство погодан је и за рекреацију. Ако се користи по асфалту, монтирају се уске гуме без већих крампона, док за брдску вожњу постављају се гуме са великим крампонима. Распон преноса омогућава врло лаку и једноставну вожњу како по асфалту тако и по стрмим пределима. У рекреативној вожњи по асфалту ови бицикли јесу спорији него прве две категорије, али код рекреације пређени пут и није пресудан већ утрошена енергија. Код планинских бицикала се појављује и проблем избора точкова. Наиме, последњих година осим стандардних точкова од 26" своје тржиште су нашли и точкови од 29" и точкови од 27,5". Већи точак лакше прелази преко препрека и даје већу стабилност у кривинама, [30].



Слика 21. Планински бицикл без задњег амортизера, [34]

Планински бицикл са задњим амортизером

Планински бицикли са задњим амортизером су више намењени за теренску вожњу (слика 22). При друмској вожњи сам задњи амортизер нема сврху, и такође потребна је велика количина енергије да се овај бицикл вози по асфалтној подлози. Главна мана ове врсте бицикала је веома висока цена. Величина точкова је иста као и код планинског бицикла без задњег амортизера, [30].



Слика 22. Планински бицикл са задњим амортизером, [35]

Трекинг бицикл

Представља хибридну верзију планинског бицикла (слика 23). Главни циљ је да се планински бицикл учини бржим помоћу већих точкова и ужих гума. То је рекреативни бицикл намењен како за асфалт тако и за планинске путеве. Ови бицикли поседују предњи амортизер, квалитетне кочнице, широк спектар преносних односа. Једна од мана је тежа вожња по узбрдици него код планинског бицикла због великих точкова и најчешће нешто краћих погонских полуга. Овакви бицикли намењени су возачима који желе слободу и сигурност коју даје планински бицикл, али комфор и удобан положај попут оног на градским бициклима, [30].



Слика 23. Трекинг бицикл, [36]

Женски бицикл

Педесетих година двадесетог века направљен је први „женски бицикл“ који је имао савијену пречагу између волана и седишта. Главна разлика у раму бицикла је да је горња цев закошена, а код неких верзија бицикла и не постоји. Основна предност овог бицикла је да особе женског пола могу возити у сукњама, а и такође се могу једноставно попети или сићи са бицикла (слика 24), [30].



Слика 24. Женски бицикл, [37]

3.3.2. Материјали за израду рама

Први рамови бицикла су израђивани од дрвета, и то најчешће су коришћени од бамбуса или ораха због њихове чврстоће. Ради сигурности дрвени рамови бицикла су ојачавани челиком на местима спајања рама бицикла. Напредак у масовној производњи челика довео је до тога да производња челичних рамова буде приступачнија. Углавном се користе легуре челика, због тога што су издржљивије, једноставне за обраду и релативно јефтине. Због своје цене тешко је наћи приступачнији материјал за израду рама бицикла ако маса није пресудан фактор. Један од приступачнијих материјала који може надмашити челик је алуминијум и његове легуре.

Алуминијумске легуре имају мању густину и мању чврстоћу у односу на легуре челика. Међутим, они имају бољи однос чврстоће и тежине, што им даје значајне предности у односу на челик. Прве алуминијумске конструкције биле су подложне појави замора материјала, најчешће због неефикасних легура или због употребе неодговарајућих техника заваривања. Појава замора материјала сведена је на минимум квалитетнијим заваривањем, применом аутоматизације и коришћењем савремених алуминијумских легура. Најзаступљеније легуре за бицикличке рамове су 6061 алуминијум и 7005 алуминијум.

Титанијум је можда један од најскупљих метала који се користи за израду бицикличких рамова. Садржи многе пожељне карактеристике, укључујући високу чврстоћу и тежину и одличну отпорност на корозију. Титанијум је теже обрадити од челика или алуминијума, што понекад ограничава његову употребу и повећава напор и трошкове, који су повезани са овом врстом конструкције. Пошто су рамови од титанијума обично скупљи од сличних рамова од челика или алуминијумских легура, цена представља један од главних фактора на тржишту.

Композит од карбонских влакана је све популарнији неметални материјал који се обично користи за рам бицикала. Иако је израда оваквог рама скупа, његове предности су да је веома лак, отпоран на корозију и чврст, и може се формирати у скоро сваки жељени облик. Још једна од предности рамова од карбонских влакана је да се могу израдити из једног комада, елиминишући потребу за спајања делова рама. Неки рамови од карбонских влакана користе цилиндричне цеви које су спојене лепковима и ушицама, методом која је донекле слична челичном раму. Много спортских бицикала израђених за поједине тркачке стазе и триатлоне користе композитну конструкцију, јер се рам може обликовати са аеродинамичким профилем што није могуће са цилиндричним цевима, или би било претерано тежак од других материјала. Његова аеродинамичка ефикасност може помоћи бициклисти да постигне већу укупну брзину, [38].

Будућност рама за бицикле је у напреднијим легурама и композитима као што су: термопластика, скандијум, берилијум и магнезијум. Термопластика припада групи полимера која се може поново загрејати и преобликовати, постоје неколико начина како се могу користити за израду рама бицикла. Један од начина имплементације термопластичних

рамова за бицикле су у основи рам од карбонских влакана са влакнима уграђеним у термопластични материјал, а не уобичајени термореактивни епоксидни материјал, [38].

3.3.3. Геометрија и избор величине рама бицикла

Геометрија рама има велики утицај на његове основне карактеристике као што су управљивост и удобност. На слици 25 приказане су основне димензије и углови рама.

1. Дужина рама
2. Дужина цеви управљача
3. Угао цеви управљача
4. Растојање центра осовине предњег точка у односу на осу управљача
5. Међуосовинско растојање
6. Растојање средњег погонског дела од центра осовине задњег точка
7. Висина рама
8. Пад осовине средњег погонског дела
9. Угао седишне цеви
10. Дужина седишне цеви



Слика 25. Основне димензије и углови рама бицикла, адаптирано, [39]

Два основна фактора геометрије рама бицикла су висина и дужина рама бицикла. Висина рама представља вертикално растојање од средњег погонског дела до врха цеви управљача, док дужина рама представља хоризонтално растојање од врха цеви управљача до средњег погонског дела. Познавањем ових димензија лако ће се одредити да ли величина рама одговара возачу, [40].

Мере цеви управљача имају директан утицај на управљање бицикла. Постоје две кључне величине угао и дужина цеви управљача. Угао цеви управљача представља угао главе цеви у односу на тло и може бити оштар или туп. Ако је угао оштар то ће захтевати

више напора за управљање, али ће бицикл бити стабилнији при већим брзинама, док ако је угао туп то ће омогућити једноставније управљање, али мању стабилност. Рамови са дужом цеви управљача подижу предњи део бицикла, постављајући возача у усправнији положај. Краћа цев управљача спушта предњи део рама, поставља возача у агресивнији положај са циљем да смањи отпор ваздуха и повећа аеродинамику.

Још један од битнијих фактора геометрије рама бицикла је растојање за које је центар предњег точка померен у односу на осу цеви управљача. Што је растојање веће управљање ће бити брже и обрнуто, такође ово растојање има утицај на међуосовинско растојање и растојање педала од предњег точка.

Међуосовинско растојање је удаљеност између центра осовине предњег и задњег точка. Дуже међуосовинско растојање чини бицикл стабилнијим и управљивијим, док краће растојање има бољи утицај на оштрину управљања, што је поготово битно ако се бицикл користи за брдске терене.

Растојање средњег погонског дела од осовине задњег точка утиче на дужину међуосовинског растојања и чини бицикл стабилнијим. Са аспекта удобности боље се показало дуже растојање, због тога што краће растоја пружа осећај као да возач седи директно изнад задњег точка.

Пад осовина средњег погонског дела представља вертикално растојање осовина средњег погонског дела и точкова. Пад осовине средњег погонског дела обично варира од 60 mm до 80 mm у зависности од намене бицикла, и има утицај на положај и висину седишта у односу на педале. Нижи положај средњег погонског дела даје већу стабилност и управљивост, али треба водити рачуна на одстојање од тла, пошто се бицикл при вожњи нагиње у кривини да би се избегао контакт са подлогом како не би дошло до оштећења погона или пада са бицикла.

Угао седишне цеви углавном зависи од величине рама бицикла, а не од његове намене. Дужина седишне цеви обично се користи за изражавање величине рама бицикла, једино је битна да би возачи знали да ли могу да опкораче бицикл, [40].

Бициклистички рамови се израђују у разним величинама, а главни параметар за одабир одговарајуће величине је висина возача. Димензије на основу којих се одређује величина рама је висина седишне цеви и хоризонтално растојање од центра цеви управљача до центра седишне цеви. Величина рама бицикла има велики утицај на удобност саме вожње бицикла.

Величина рама се код друмског бицикла изражава у центриметима, а код планинског у инчима. У следећим табелама дате су величине рама друмског и планинског бицикла у односу на висину возача, [41].

Табела 1. Препоручена величина рама друмског бицикла, [42].

Висина возача	Величина рама	
Центиметри	Центиметри	Ознака
148-152	47-48	XXS
152-160	49-50	XS
160-168	51-52-53	S
168-175	54-55	M
175-183	56-57-58	L
183-191	58-59-60	XL
191-198	61-62-63	XXL

Табела 2. Препоручена величина рама планинског бицикла, [42].

Висина возача	Величина рама	
Центиметри	Инчи	Ознака
148-158	13-14	XS
158-168	15-16	S
168-178	17-18	M
178-185	19-20	L
185-193	21-22	XL
193-198	23-24	XXL

4. ДИЗАЈН НОВЕ КОНЦЕПЦИЈЕ РАМА

Као што је већ речено, рам представља основу сваког бицикла. Што се тиче самог дизајнирања рама, дизајнер мора да води рачуна да испуни основну функцију рама, а то је да је он носећа стабилна конструкција, која ће да издржи одређена оптерећења. Дизајнирање нове концепције рама зависи од димензија бицикла односно величине самог возача, такође дизајнер треба да обрати пажњу на другу битну карактеристику, а то је намена бицикла. У зависности од тога да ли се бицикл користи у спортске или рекреативне сврхе, удобности односно управљивост варирају.

Први корак у дизајнирању рама је идејно решење. Постоји много начина да се нацрта рам. Могу се користити било који програми за цртање, специјализовани *CAD* софтвери за бицикле, или обична скица на папиру.

Други корак је избор геометрије рама и сама намена бицикла, зато што се треба обратити пажња на правилан положај возача и да сама вожња буде пријатнија.

Трећи корак је избор материјала и начин повезивања делова рама у целину. Циљ је да се добије што мања маса рама односно бицикла како би утрошак енергије при вожњи био мањи.

Да би правилно дизајнирали рам, потребно је знати како анализирати напон и деформације у оптерећеном делу рама, а затим видети како се напони могу смањити избором геометрије рама, материјала и метода спајања.

Израда модела нове концепције рама бицикла врши се у *CAD* окружењу коришћењем софтвера *Autodesk Inventor 2019*, којим је омогућено тродимензионално представљање рама. Помоћу наведеног софтвера врше се и провера модела под оптерећењем и упоређивање добијених резултата.

4.1. Листа захтева нове концепције

Како би се дошло до потребне конструкције рама, израђена је табела листе захтева и жеља (табела 3).

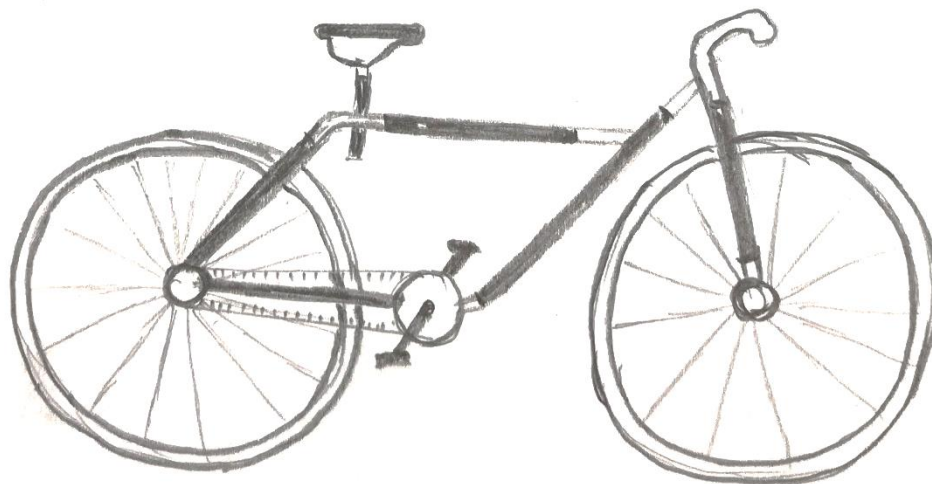
Табела 3. Листа захтева и жеља конструкције рама бицикла, [43].

Конструкцијска спецификација	захтев	жеља
1.ФУНКЦИЈА		
1.1. Носећа конструкција	*	
2.УСЛОВИ ТЕХНИЧКОГ ПРОЦЕСА		
2.1. Габаритне димензије:		
• Висина: 520 mm		*
• Дужина: 900 mm		*
• Ширина: 150 mm		*
2.2. Материјал: Алуминијум	*	
2.3. Дебљина лима : 2-3 mm		*
2.4. Серијска производња	*	
3. РАДНА СВОЈСТВА		
3.1. Неограничен радни век		*
3.2. Добра стабилност	*	
3.3. Рад у свим условима	*	
3.4. Једноставно одржавање	*	
3.6. Мала маса		*
4. ЕРГОНОМСКА СВОЈСТВА		
4.1. Безбедно и лако руковање	*	
4.2. Удобност	*	
4.3. Заобљене ивице	*	
4.4. Посебне боје	*	
5.ТЕХНОЛОШКА СВОЈСТВА		
5.1. Делови рама су израђени од пресованог лима	*	
5.2. Делови рама су спојени поступком заваривања	*	
5.3. Мањи број делова	*	
6. ИСПОРУКА		
6.1. Кратак рок испоруке (21 дана)		*
7. ЕКОНОМСКИ УСЛОВИ		
7.1. Што приступачнији производ	*	

4.2. Идејна решења

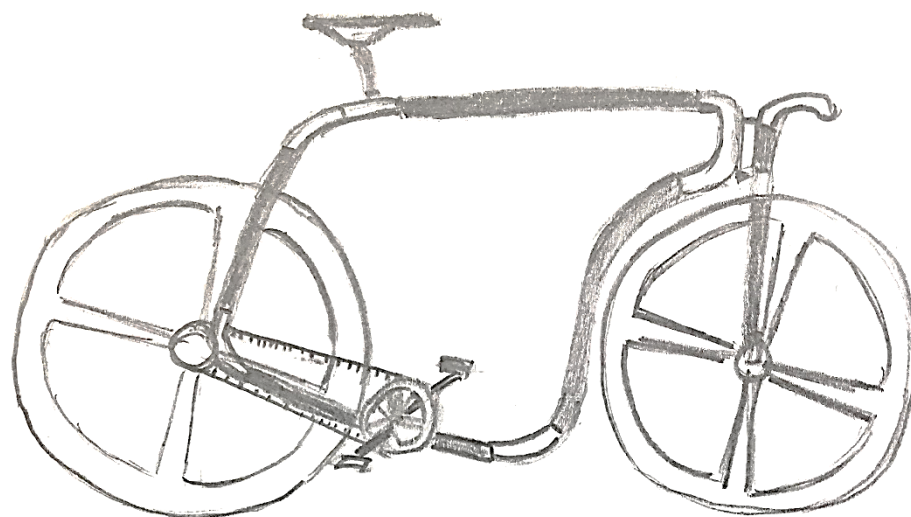
Како би се постигло нешто оригинално, циљ идејног решења је да се смањи број саставних делова рама у односу на стандардан рам бицикла. На сликама 26, 27, 28 и 29 биће приказана су разматрана идејна решења као и усвојено идејно решење.

Првобитна идеја је била да се упрости рам бицикла тако што би се рам израдио без седишне цеви. Даље се није разматрала ова идеја због тога што су пронађене велике сличности са већ постојећим моделима (слика 25).



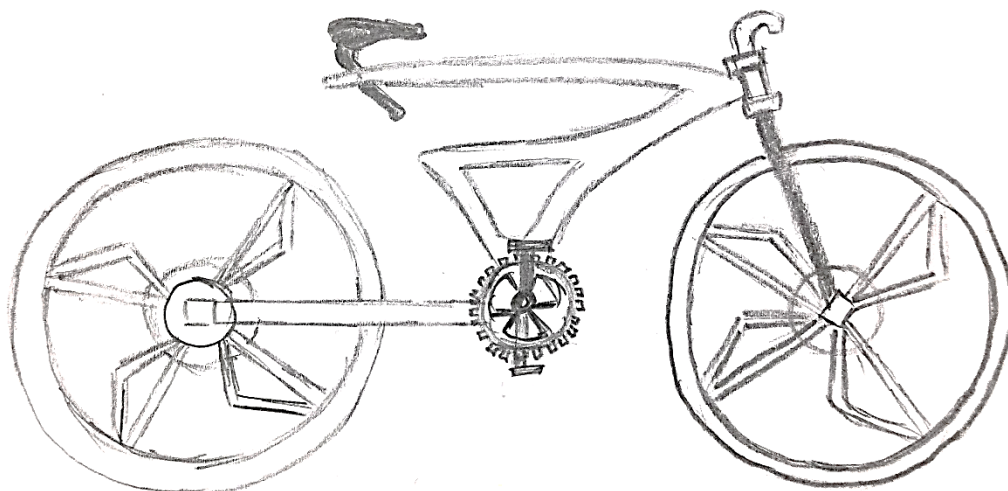
Слика 26. *Прво идејно решење рама бицикла*

Временом разматрана је следећа идеја, тј. рам чија би се конструкција састојала од дуплих цевних профила. Од ове идеје се одустало због компликованог поступка израде (слика 26).

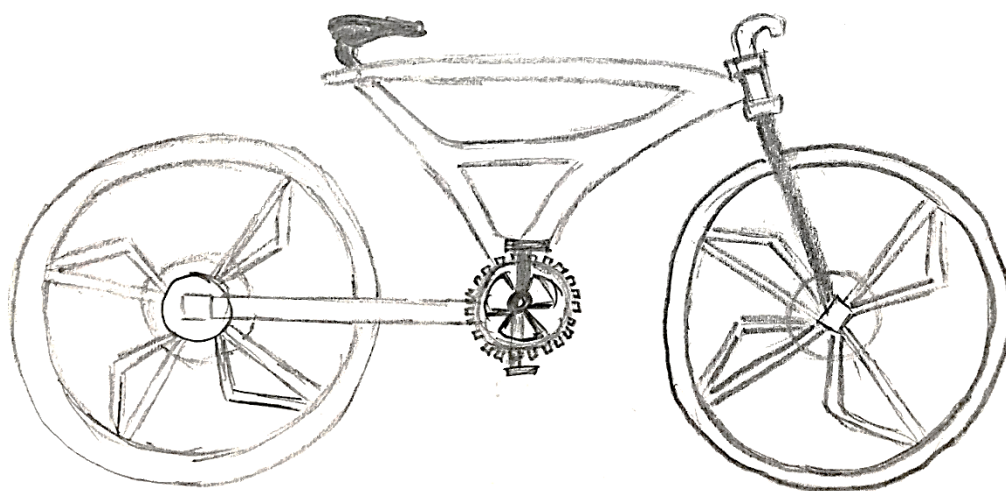


Слика 27. *Друго идејно решење рама бицикла*

Треће и усвојено идејно решење је рам од пресованог лима који не би имао седишну цев и коси део задње виљушке (слика 27). Ова идеја је морала да претрпи одређене измене због појаве превеликих напона и деформација, што ће бити касније објашњено. Из тог разлога израђен је рам са седишном цеви, али без косог дела задње виљушке, тако да је почетни циљ идејног решења да се смањи број саставних делова испуњен (слика 28).



Слика 28. Треће идејно решење рама бицикла

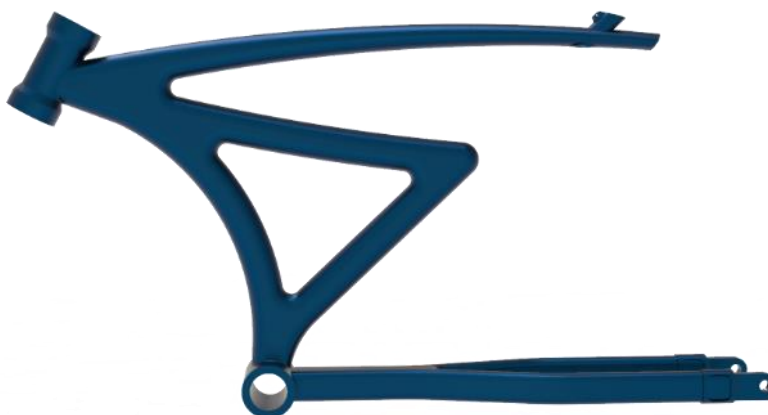


Слика 29. Усвојено идејно решење

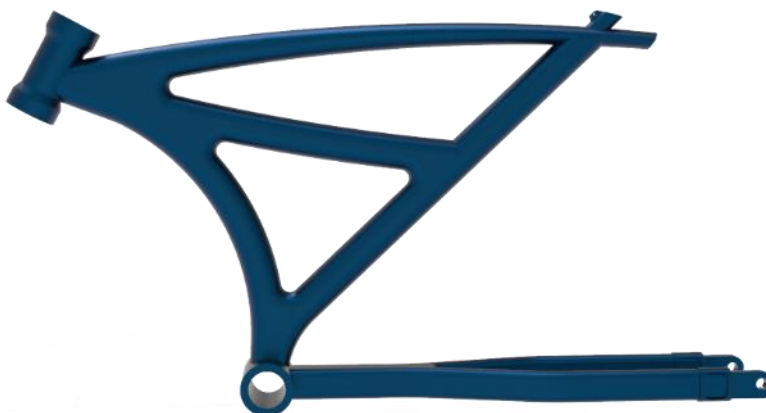
4.3. Модел рама

Моделирање рама бицикла знатно је олакшано применом софтвера *Autodesk Inventor 2019*, помоћу којег је добијен реалистичан 3D приказ самог рама бицикла. *Autodesk Inventor* је CAD софтвер за 3D моделирање, симулацију, визуализацију и израду техничке документацију који је развио Autodesk (САД). *Inventor* омогућава интеграцију 2D и 3D података у јединствено окружење, стварајући виртуелни приказ коначног производа који омогућава корисницима да размотре облик и функцију производа пре него што он буде изграђен, [44,45].

Као што је већ поменуто, првобитно идејно решење је морало да претрпи одређене измене. Моделиран је рам који садржи седишну цев, након чега је повећан угао између задње виљушке и страница рама како би возња бицикла била удобнија. Такође, повећана је дебљина лима за странице рама, чиме се повећала и сама маса рама бицикла. На сликама 30 и 31 приказани су модели првобитно усвојеног идејног решења и коначно усвојеног идејног решења.



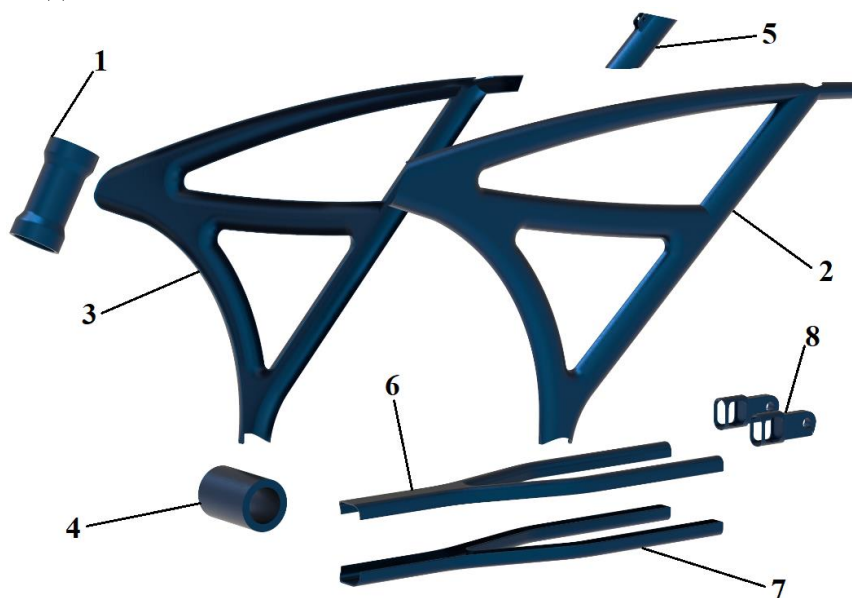
Слика 30. Модел првобитно усвојеног идејног решења



Слика 31. Модел коначно усвојеног идејног решења

Моделуиран рам представља склоп лимова и цевних профила који су међусобно спојени поступком заваривања. Као што је већ речено циљ је био да се смањи број саставних делова у односу на стандарди рам бицикла. Нова концепција рама се састоји од следећих делова (слика 32):

1. Цев управљача
2. Лева страница рама
3. Десна страница рама
4. Цев за педале
5. Чаура за седиште
6. Горња страница задње виљушке
7. Доња страница задње виљушке
8. Држачи задњег точка



Слика 32. Делови нове концепције рама

Странице рама и задња виљушка су израђене од пресованог лима поступком дубоког извлачења као у аутоиндустрији. За израду страница рама коришћен је лим дебљине 3 mm, а за задњу виљушку дебљине 2 mm, остали делови су израђени од цевних профила. Како би се добила што мања маса конструкције, као материјал за израду коришћен је алуминијум 6061. Укупна маса рама је 2,96547 kg. У наставку биће објашњена израда сваког дела и њихова улога.

Странице рама

Странице рама представљају два симетрична дела који чине основу дизајнираног рама. Пошто странице представљају најочљивији део рама, облик страница је осмишљен тако да има јединствен излед комбинациом кругова и троуглова, а да притом не захтева компликован поступак израде. За израду страница рама коришћен је лим од алуминијума дебљине 3 mm. Странице рама су добијене помоћу поступка који се назива дубоко извлачење. Овакав поступак се најчешће користи код израде каросерије у аутоиндустрији. Након тога се вишак материјала

просеца, и на крају се странице рама савијају, како би се добио жељени облик. Странице су спојене поступком заваривања, при чему је коришћена електрода на бази алуминијума (слика 33).



Слика 33. Спојене странице рама

Цев управљача

Ова цев има улога да стабилизиује управљачки део односно управљач и предњу виљушку. Израђена је од цевног профила и спојана са страницама рама поступком заваривања (слика 34). На предњој страни цеви налази се амблем који је утиснут.



Слика 34. Цев управљача

Цев за педале

Као и што сам назив каже, ова цев служи да се кроз њу постави средњи погонски део са педалама. Такође је израђена од цевног профила и спојена са страницама рама поступком заваривања (слика 35).



Слика 35. Цев за педале

Чаура за седиште

Улога овог дела је да се кроз њега постави подседишна цев и само седиште. Са предње стране чауре се налази отвор са навојем помоћу којег се само седиште може поставити на жељену висину. Чаура је спојена са страницама рама поступком заваривања, (слика 36).



Слика 36. Чаура за седиште

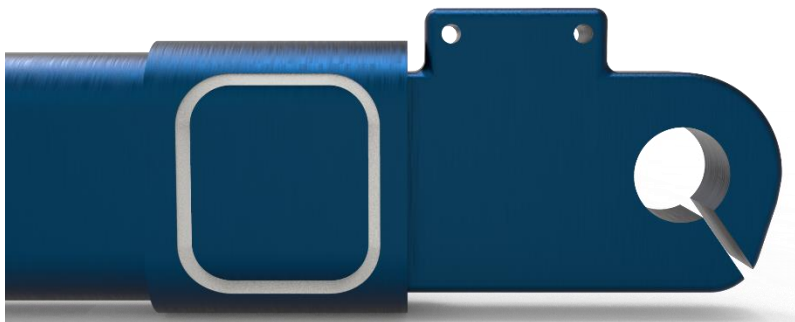
Задња виљушка и држач задњег точка

Примењен је исти поступак као и код страница рама, дакле два симетрична дела која су спојена заваривањем (слика 37). Она служи да се на њу поставе одговарајућа врста кочница, задњи точак и задњи погонски део. За ову врсту рама одабране су диск кочнице. Оваква врста кочионог система је одабрана због бољих перформанси. На самим крајевима виљушке налазе се држачи задњег точка, који су спојени са задњом виљушком помоћу

заваривања. Са доње стране држача налазе се отвори са навојом помоћу којих се стабилизује осовина задњег точка. Једина разлика између левог и десног држача је то што леви држач садржи још два отвора са навојем који служе за монтирање механизма кочионог диска (слика 38).



Слика 37. Задња виљушка



Слика 38. Леви држач задњег точка

Нова концепција рама бицикла дизајнирана је тако да је намењена градској возњи. На слици 39 дат је приказ комплетног бицикла са новом концепцијом рама.



Слика 39. Дизајн бицикла

4.4. Безбедност и употребљивост

Вожња бицикла у одређеним ситуацијама може бити веома опасна због чега је безбедност коришћења овог превозног средства веома важна. На моделу новог рама нису коришћени оштри облици, све ивице су заобљене.

За саму безбедност у саобраћају, тј. видљивост, може се узети у разматрање бојење рама посебним бојама које би упијале сунчеву енергију током дана, док би током ноћи због те упијене сунчеве енергије, боја почела да светли и сама бицикла поред светлосних уређаја који се налазе на њој, била би још више уочљивија у саобраћају. На слици 40 приказане су неке од препоручених боја.



Слика 40. Препоручене боје рама

Што се тиче употребљивости, једна од идеја је да се подседишна цев бицикла дизајнира тако да буде омогућено транслаторно померање седишта у два правца, чиме би се побољшала удобност при вожњи бицикла (слика 41). Такође треба узети у разматрање да управљач бицикла буде подесив у два правца као код седишта, тако да би постојала могућност да један исти бицикл могу користити возачи различитих висина.

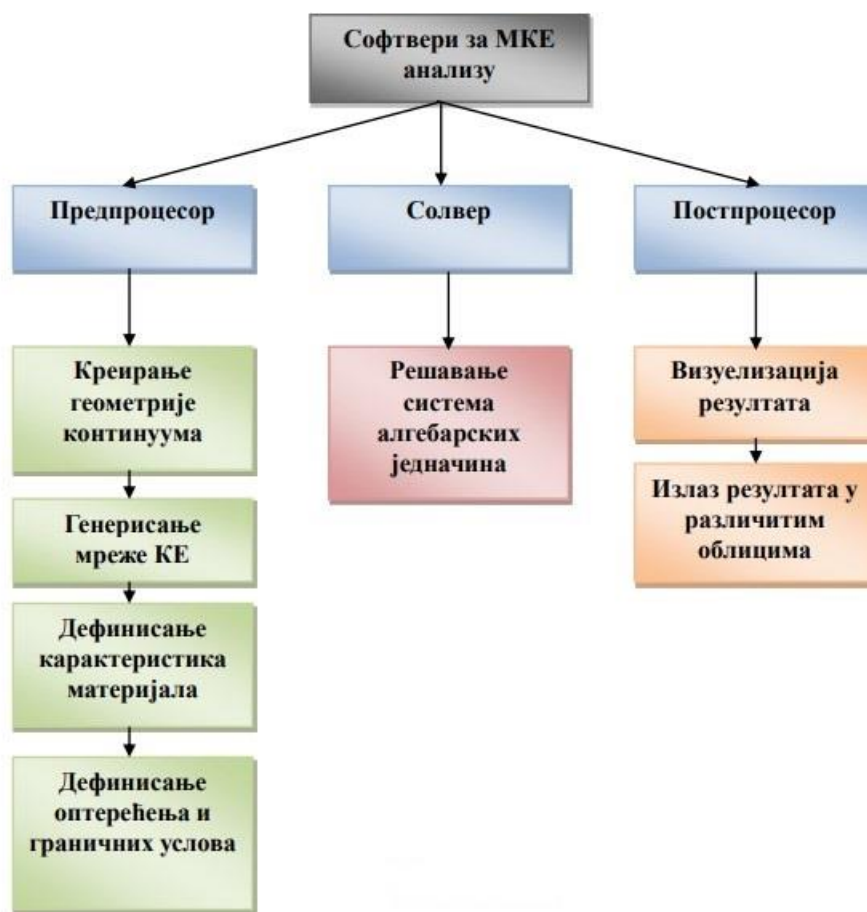


Слика 41. Подседишна цев и седиште

5. АНАЛИЗА НАПОНСКОГ И ДЕФОРМАЦИОНОГ СТАЊА НОВЕ КОНЦЕПЦИЈЕ РАМА

Како би утврдили да ли је нова концепција рама носећа конструкција која издржава задата оптерећења, потребно је анализирати напон и деформације у оптерећеном делу рама, а затим видети како се напони могу смањити избором геометрије рама, материјала и метода спајања. Анализа је извршена помоћу методе коначних елемената у софтверу *Autodesk Inventor 2019*, [44,45].

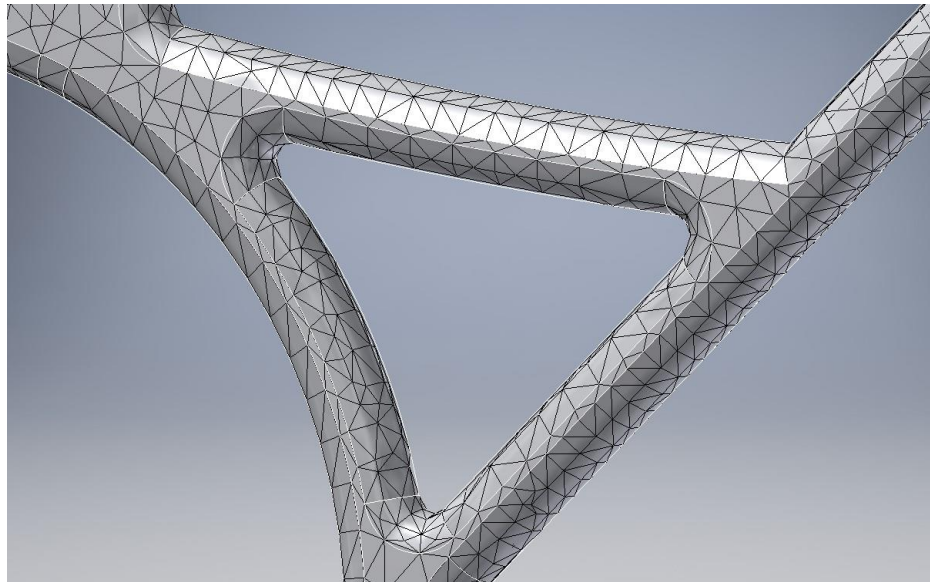
Метода коначних елемената (МКЕ) представља нумерички поступак решавања инжењерских проблема и проблема математичке физике. На слици 42 приказане су карактеристичне фазе МКЕ, [46].



Слика 42. Фазе МКЕ, [46]

Методом коначних елемената извршена је анализа нове концепције рама, такође урађена је анализа за првобитно усвојено идејно решење нове концепције и биће објашењено због чега је морало доћи до измена у конструкцији рама.

Дискретизација рама бицикла је извршена мрежом тродимензионалних коначних елемената који су у облику параболоичног тетраедра (слика 43).

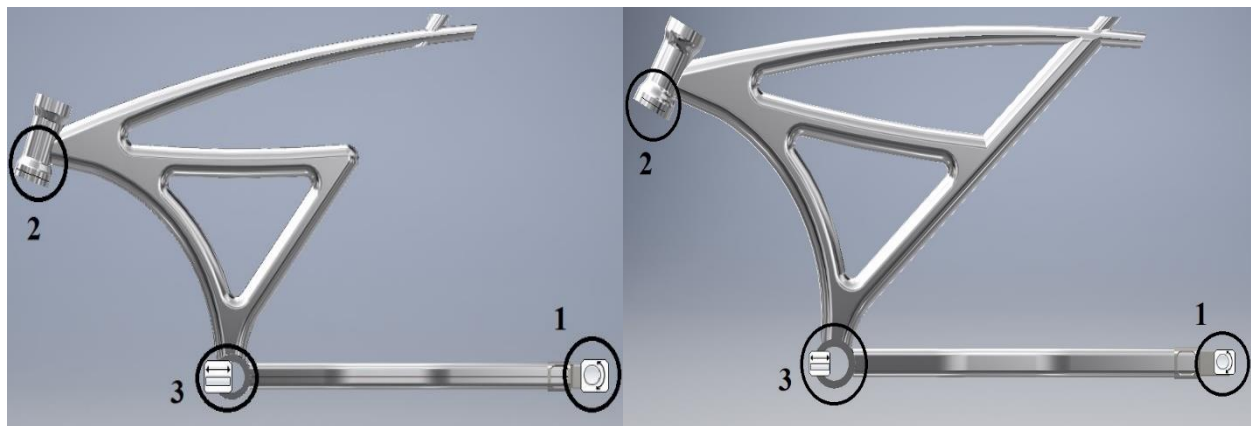


Слика 43. Мрежа коначних елемената

Задата су три ограничења у облику следећих ослонаца (слика 44):

1. ослонац ограничен осовиницом (*pin constraint*) на месту где се рам ослања на осовину задњег точка са обе стране задње виљушке,
2. ослонац ограничен осовиницом (*pin constraint*) код цеви управљача и
3. ослонац ограничен површином без трења (*frictionless constraint*) код цеви за педале.

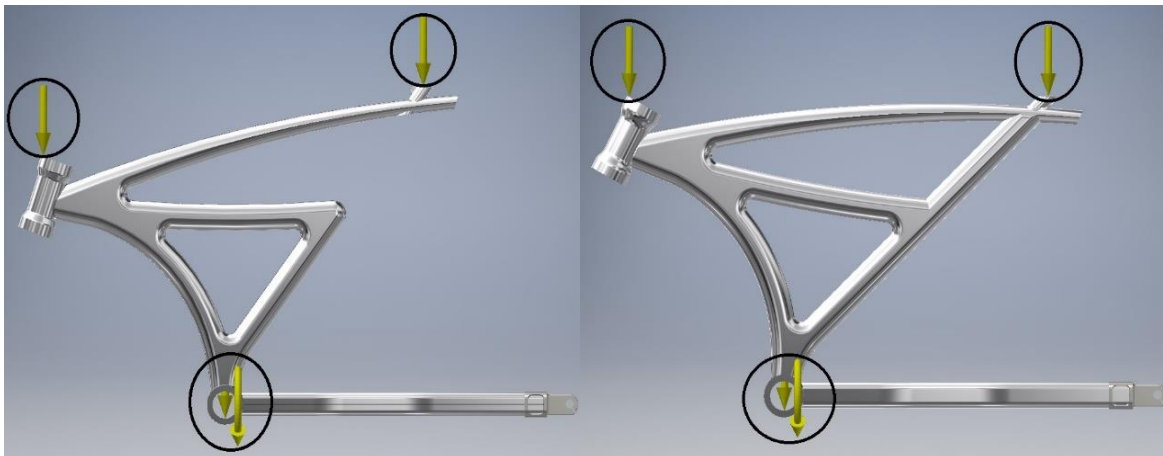
Ослонац ограничен осовиницом спречава померање у радијалном и аксијалном правцу, док ослонац ограничен површином без трења спречава померање површине у нормалном правцу у односу на саму површину.



Слика 44. Места ослонаца

Након дефинисања ограничења задата су оптерећења у облику сила и момента. Возач се својим телом ослања на три дела бицикла: седиште, педале и управљач. Прва сила се налази на месту где се седиште спаја са рамом, друга на месту где се поставља средњи погонски део и педале и трећа на месту где се управљач спаја са рамом (слика 45). Момент

делује код цеви за педале око X осе у позитивном смеру. Силе су постављене у вертикалном правцу са смером супротним од Y осе.



Слика 45. Задата оптерећења

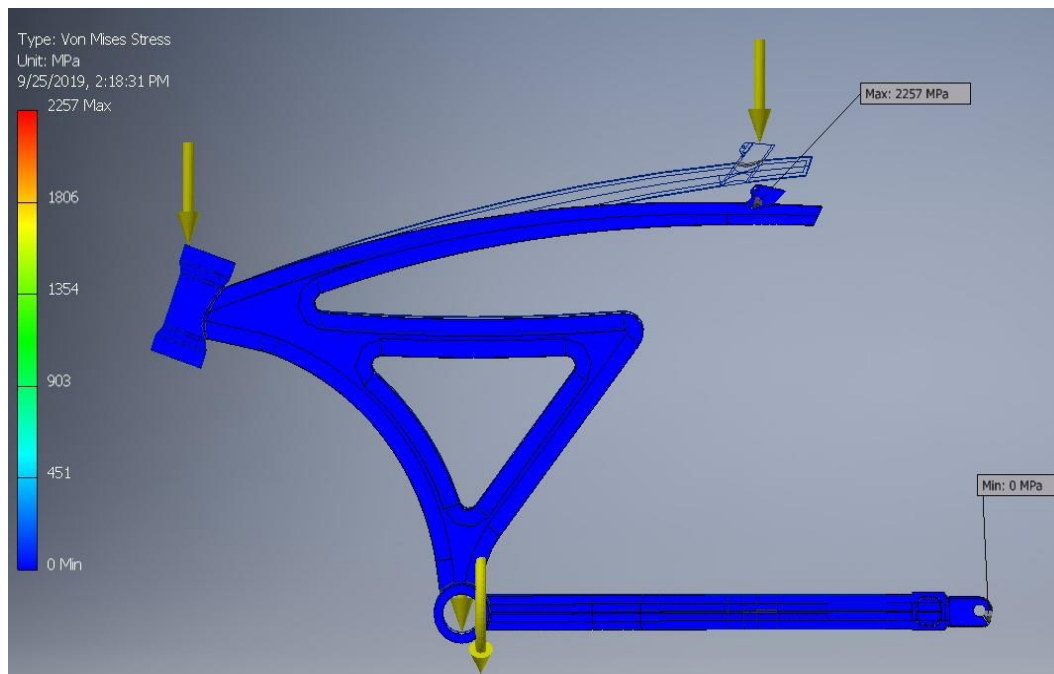
Укупна вредност силе којом се делује на рам је 1200 N што је приближно једнако маси возача од 120 kg . Укупна вредност силе распоређена је процентуално за четири различита случаја што је приказано у табели 4. Извршена је анализа за сва четири случаја чији ће се резултати на крају упоређивати.

Табела 4. Распоред укупне вредности силе

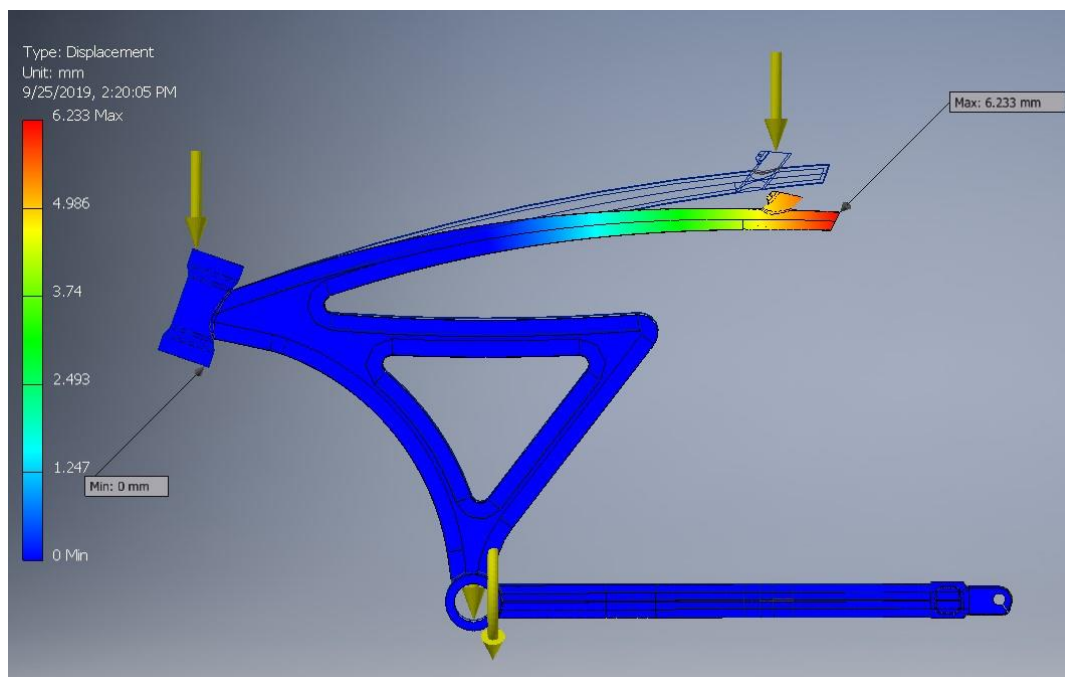
	Место деловања силе			Укупна сила
	Седиште	Управљач	Педале	
Први случај	30%=360N	10%=120N	60%=720N	100%=1200N
Други случај	60%=720N	10%=120N	30%=360N	100%=1200N
Трећи случај	40%=480N	20%=240N	40%=480N	100%=1200N
Четврти случај	35%=420N	30%=360N	35%=420N	100%=1200N

5.1. Резултати анализе првобитно усвојеног решења

Извршена је анализа за други случај расподеле вредности сила и добијени су резултати који нису одговарајући. Максимална вредност напона која се јавља на крају страница рама где се налази чаура за седиште износи 2257 MPa (слика 46). Максимална вредност деформација се јавља на истом месту и износи $6,223\text{ mm}$ (слика 47). Препоручена дозвољена вредност напона за изабрани материјал је 155 MPa , док деформације у зависности од дужине саме конструкције не би смеле да пређу вредност од $4,5\text{ mm}$. Анализа је показала да су напони и деформације који се јављају превелики и због тога се одустало од даљег испитивања овог решења.



Слика 46. Фон Мизесови напони код првобитног решења рама



Слика 47. Деформације код првобитног решења рама

5.2. Резултати анализе коначно усвојеног решења

Као што је већ речено конструкција рама је морала да претрпи одређене измене. Извршена је анализа напонског деформационог стања за сва четири случаја расподеле вредности сила. Добијени резултати анализе за сва четири случаја су на крају упоређивани.

У табелама 5, 6 и 7 дат је преглед физичких карактеристика рама, особина материјала од којег је рам израђен и карактеристике мреже коначних елемената.

Табела 5. Физичке карактеристике рама

Mass	2.96547 kg
Area	855882 mm ²
Volume	1098320 mm ³
Center of Gravity	x=110.057mm y=194.102mm z=5.89199 mm

Табела 6. Особине материјала од којег је израђено усвојено решење рама

Name	Aluminum 6061	
General	Mass Density	2.7 g/cm ³
	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength	310 MPa
Stress	Young's Modulus	68.9 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	25.9023 GPa

Табела 7. Карактеристике мреже коначних елемената усвојеног решења рама

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg

Први случај расподеле вредности сила

У табели 8, 9, 10 и 11. дате су вредности сила и момента за први случај расподеле вредности сила.

Табела 8. Вредности силе код педала

Load Type	Remote Force
Magnitude	720.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-720.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 9. Вредности силе код управљача

Load Type	Force
Magnitude	120.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-120.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 10. Вредност силе код седишта

Load Type	Force
Magnitude	360.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-360.000 N
Vector Z	-0.000 N

Табела 11. Вредност момента код педала

Load Type	Moment
Magnitude	108000.000 N mm
Vector X	108000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

У табелама 12 и 13 представљени су резултати анализе.

Табела 12. Реакције сила и момената

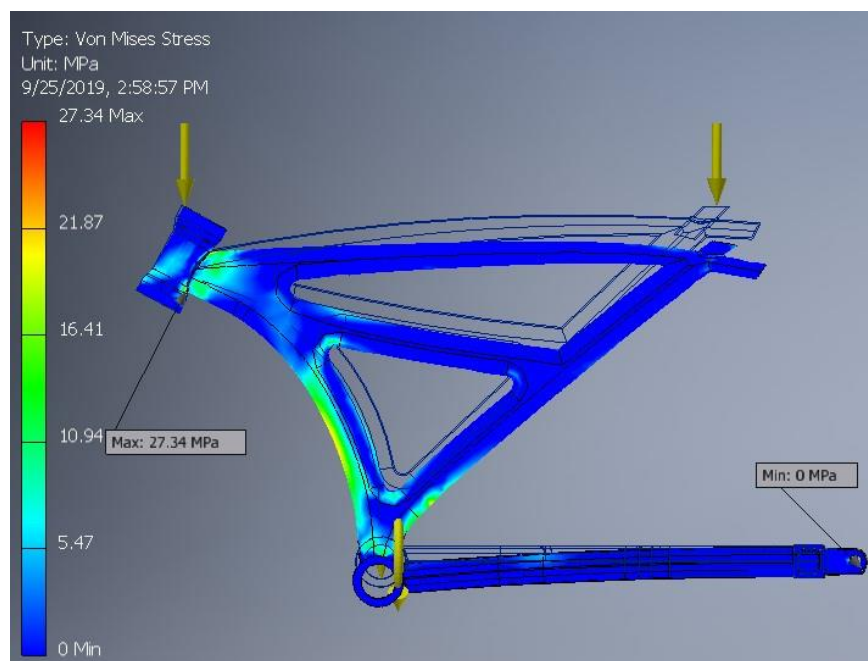
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	465.951 N	464.276 N	4.41027 N m	0.00476456 N m
		-7.68387 N		4.39987 N m
		38.7161 N		0.302753 N m
Pin Constraint:2	466.008 N	464.333 N	4.37544 N m	-0.262747 N m
		-8.6399 N		-4.35706 N m
		-38.5155 N		0.302393 N m
Frictionless Constraint:1	2.66276 N	0 N	101.167 N m	-101.158 N m
		0 N		-1.40106 N m
		2.66276 N		0 N m
Pin Constraint:3	1528.61 N	-930.075 N	175.453 N m	-0.559527 N m
		1213.1 N		0.284284 N m
		0 N		175.452 N m

Табела 13. Укупни резултати испитивања усвојене концепције рама

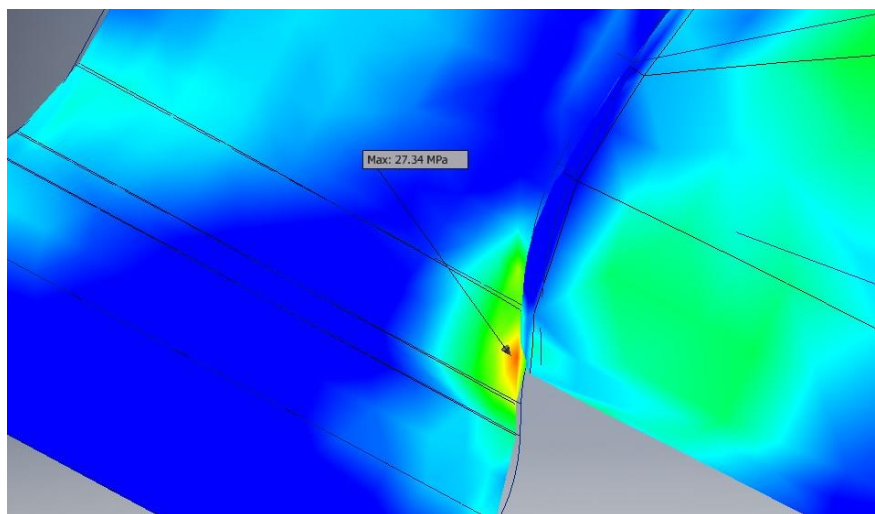
Name	Minimum	Maximum
Volume	1098320 mm ³	
Mass	2.96546 kg	
Von Mises Stress	0.000816758 MPa	27.0971 MPa
1st Principal Stress	-9.1645 MPa	27.3107 MPa
3rd Principal Stress	-33.181 MPa	7.69099 MPa
Displacement	0.00013549 mm	0.611657 mm
Safety Factor	10.1487 ul	15 ul
Stress XX	-22.0394 MPa	22.6865 MPa
Stress XY	-10.0711 MPa	13.393 MPa
Stress XZ	-7.73178 MPa	7.81137 MPa
Stress YY	-30.9993 MPa	22.2158 MPa
Stress YZ	-5.12503 MPa	7.50607 MPa
Stress ZZ	-17.8157 MPa	19.5389 MPa
X Displacement	-0.176847 mm	0.119481 mm
Y Displacement	-0.604623 mm	0.00237096 mm
Z Displacement	-0.0664921 mm	0.0661738 mm
Equivalent Strain	0.0000000140556 ul	0.000349957 ul
1st Principal Strain	-0.00000346165 ul	0.000343753 ul
3rd Principal Strain	-0.000357449 ul	0.000000304381 ul
Strain XX	-0.000234794 ul	0.000266787 ul
Strain XY	-0.000194406 ul	0.000258529 ul
Strain XZ	-0.000149249 ul	0.000150786 ul

Strain YY	-0.000315334 ul	0.000272036 ul
Strain YZ	-0.0000989302 ul	0.000144892 ul
Strain ZZ	-0.000194718 ul	0.000143964 ul
Contact Pressure	0 MPa	115.923 MPa
Contact Pressure X	-104.261 MPa	59.165 MPa
Contact Pressure Y	-48.0417 MPa	98.3453 MPa
Contact Pressure Z	-26.1011 MPa	18.2938 MPa

На слици 48 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. Максимална вредност се јавља у зони око места где се цев управљача спаја са страницама рама и износи 27,34 *MPa* (слика 49), док се на месту где се поставља задњи точак јавља вредност од 0 *MPa*.

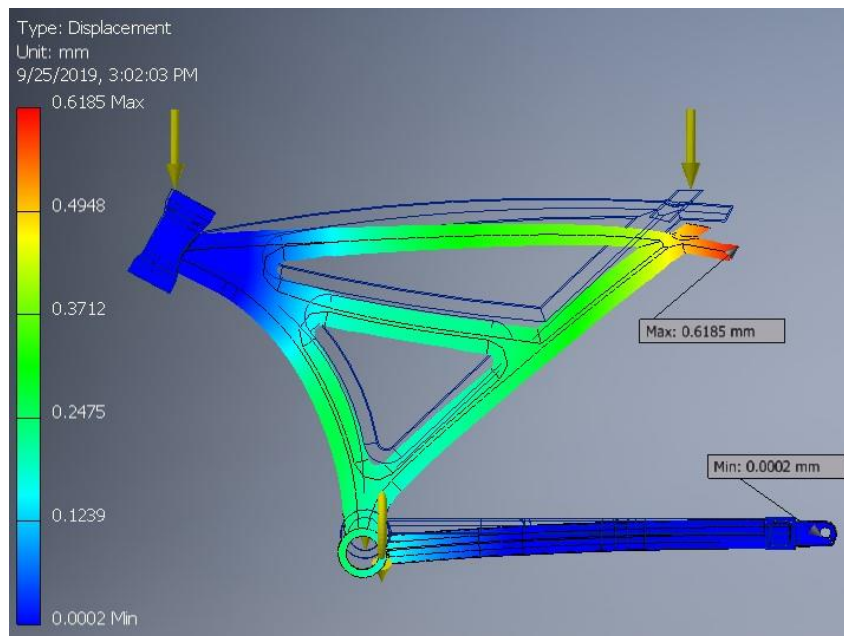


Слика 48. Фон Мизесови напони код коначног решења рама за први случај



Слика 49. Место највећег напона код коначног решења рама за први случај

На слици 50 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На крају страница рама где се налази чаура за седиште јавља се максимална вредност деформација од 0,6185 mm. На месту где се поставља задњи точак нема померања.



Слика 50. Деформације код коначног решења рама за први случај

Други случај расподеле вредности сила

У табели 14, 15, 16 и 17. дате су вредности сила и момента за први случај расподеле вредности сила.

Табела 14. Вредности силе код педала

Load Type	Remote Force
Magnitude	360.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-360.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 15. Вредности силе код управљача

Load Type	Force
Magnitude	120.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-120.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 15. Вредности силе код седишта

Load Type	Force
Magnitude	720.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-720.000 N
Vector Z	-0.000 N

Табела 17. Вредност момента код педала

Load Type	Moment
Magnitude	54000.000 N mm
Vector X	54000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

У табелама 18 и 19 представљени су резултати анализе.

Табела 18. Реакције сила и момената

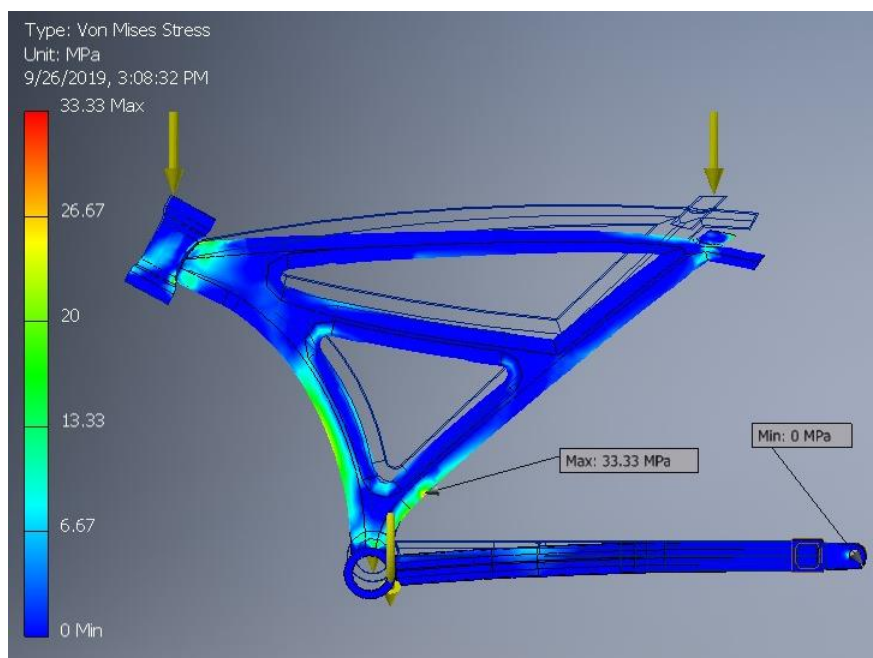
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	669.659 N	667.269 N	6.31335 N m	0.0946706 N m
		-10.4657 N		6.29754 N m
		55.5446 N		0.436343 N m
Pin Constraint:2	669.327 N	666.943 N	6.26126 N m	-0.22932 N m
		-11.1756 N		-6.24177 N m
		-55.3227 N		0.437051 N m
Frictionless Constraint:1	0 N	0 N	50.8558 N m	-50.7942 N m
		0 N		-2.50188 N m
		0 N		0 N m
Pin Constraint:3	1806.59 N	-1334.36 N	198.376 N m	0 N m
		1217.89 N		0 N m
		0 N		198.376 N m

Табела 19. Укупни резултати испитивања усвојене концепције рама

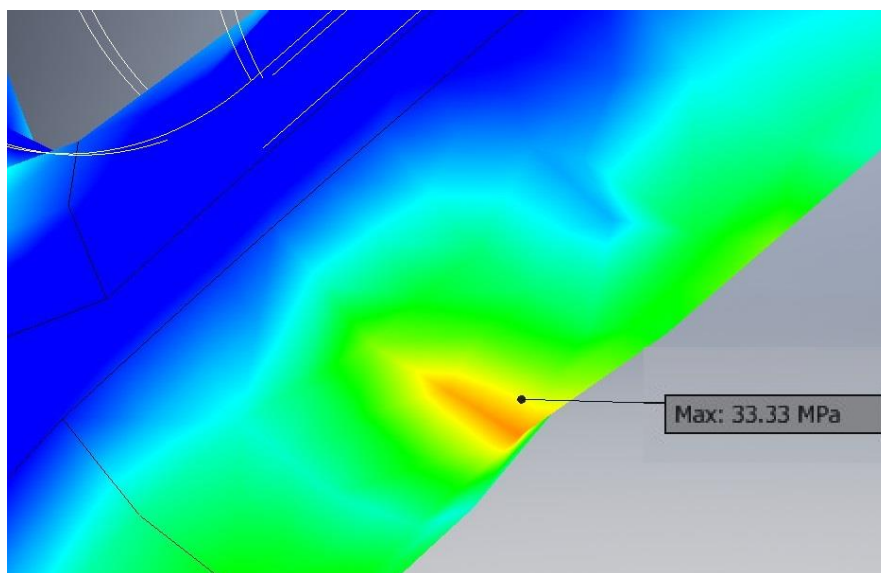
Name	Minimum	Maximum
Volume	1098320 mm ³	
Mass	2.96546 kg	
Von Mises Stress	0.0010765 MPa	33.3312 MPa
1st Principal Stress	-19.2369 MPa	39.1317 MPa
3rd Principal Stress	-40.884 MPa	13.176 MPa
Displacement	0.000000737716 mm	0.823464 mm
Safety Factor	8.25053 ul	15 ul
Stress XX	-30.1137 MPa	36.2127 MPa
Stress XY	-16.6876 MPa	13.2579 MPa
Stress XZ	-9.08535 MPa	12.1961 MPa
Stress YY	-36.1339 MPa	25.3132 MPa
Stress YZ	-9.44675 MPa	10.3645 MPa
Stress ZZ	-27.0232 MPa	31.3314 MPa
X Displacement	-0.219172 mm	0.176831 mm
Y Displacement	-0.81438 mm	0.00211261 mm
Z Displacement	-0.0948719 mm	0.0945614 mm
Equivalent Strain	0.0000000146962 ul	0.000438799 ul
1st Principal Strain	-0.000000908152 ul	0.000451424 ul
3rd Principal Strain	-0.000492225 ul	0.0000102774 ul
Strain XX	-0.000256907 ul	0.000415279 ul
Strain XY	-0.000322126 ul	0.000255922 ul
Strain XZ	-0.000175378 ul	0.000235425 ul
Strain YY	-0.000328808 ul	0.000313506 ul

Strain YZ	-0.000182354 μl	0.00020007 μl
Strain ZZ	-0.000345463 μl	0.000263702 μl
Contact Pressure	0 MPa	48.7559 MPa
Contact Pressure X	-42.8517 MPa	43.7069 MPa
Contact Pressure Y	-34.38 MPa	26.2813 MPa
Contact Pressure Z	-43.3228 MPa	43.0451 MPa

На слици 51 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. Максимална вредност се јавља са задње стране рама повише места где се цев за педале спаја са страницама рама и износи 33,33 MPa (слика 52), док се на месту где се поставља задњи точак јавља вредност од 0 MPa.

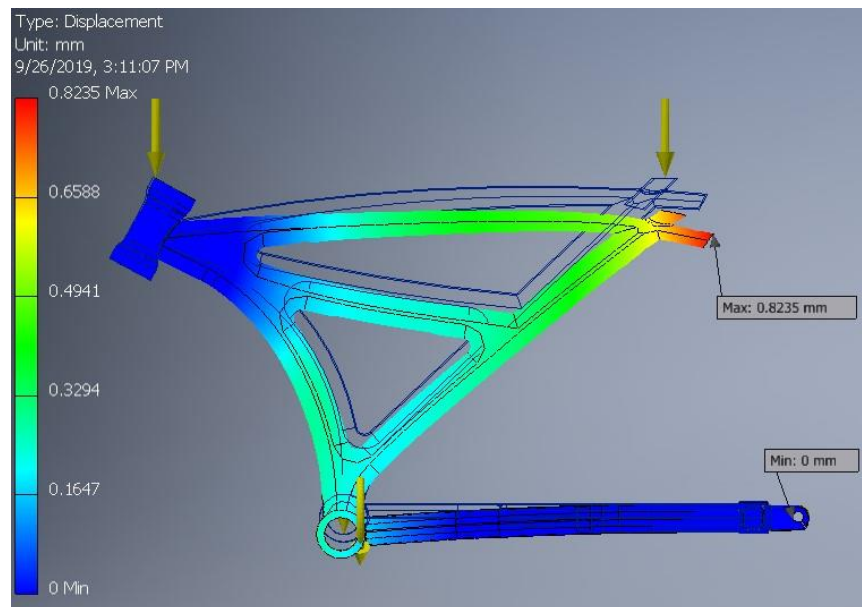


Слика 51. Фон Мизесови напони код коначног решења рама за други случај



Слика 52. Место највећег напона код коначног решења рама за други случај

На слици 53 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На крају страница рама где се налази чаура за седиште јавља се максимална вредност померања од 0,8235 mm. На месту где се поставља задњи точак нема померања.



Слика 53. Деформације код коначног решења рама за други случај

Трећи случај расподеле вредности сила

У табели 20, 21, 22 и 23. дате су вредности сила и момента за први случај расподеле вредности сила.

Табела 20. Вредности силе код педала

Load Type	Remote Force
Magnitude	480.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-480.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 21. Вредности силе код управљача

Load Type	Force
Magnitude	240.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-240.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 22. Вредност силе код седишта

Load Type	Force
Magnitude	480.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-480.000 N
Vector Z	-0.000 N

Табела 23. Вредност момента код педала

Load Type	Moment
Magnitude	72000.000 N mm
Vector X	72000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

У табелама 24 и 25 представљени су резултати анализе.

Табела 24. Реакције сила и момената

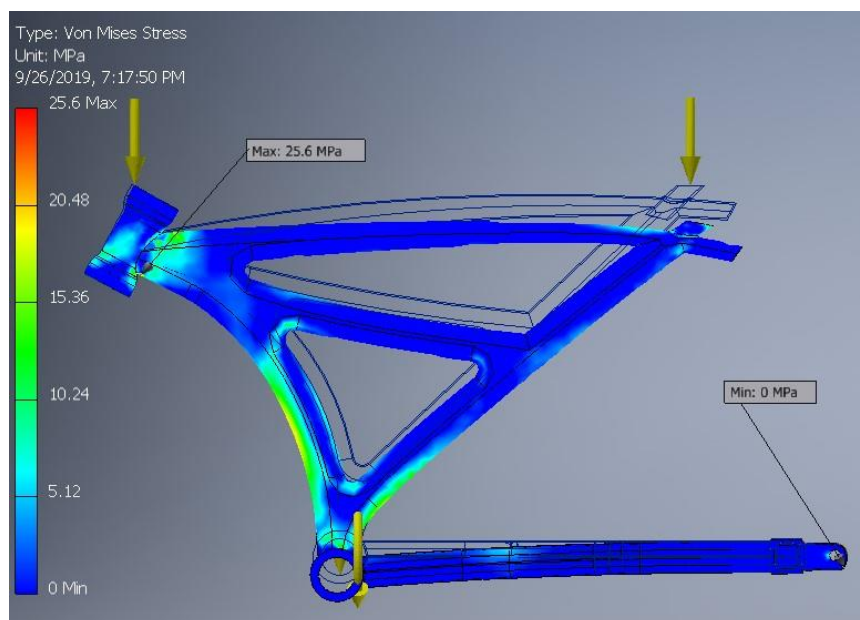
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	502.583 N	500.775 N	4.75978 N m	0.0426115 N m
		-7.8595 N		4.7484 N m
		41.8688 N		0.326239 N m
Pin Constraint:2	502.775 N	500.987 N	4.71592 N m	-0.216474 N m
		-8.75278 N		-4.69965 N m
		-41.456 N		0.326119 N m
Frictionless Constraint:1	1.65166 N	0 N	67.5541 N m	-67.5311 N m
		0 N		-1.76396 N m
		1.65166 N		0 N m
Pin Constraint:3	1576.32 N	-1004.95 N	175.48 N m	-0.33708 N m
		1214.44 N		0.183937 N m
		0 N		175.48 N m

Табела 25. Укупни резултати испитивања усвојене концепције рама

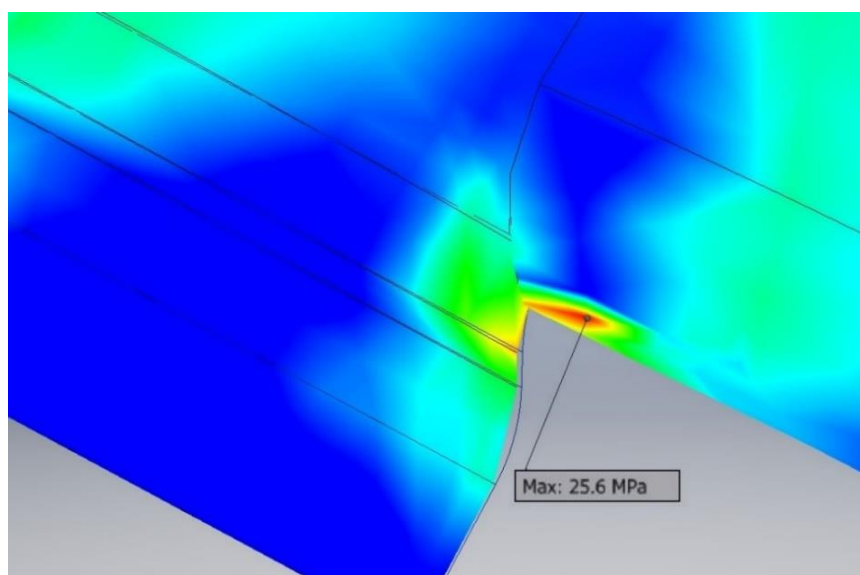
Name	Minimum	Maximum
Volume	1098320 mm ³	
Mass	2.96546 kg	
Von Mises Stress	0.00116256 MPa	25.5967 MPa
1st Principal Stress	-8.87468 MPa	26.1162 MPa
3rd Principal Stress	-32.204 MPa	7.31419 MPa
Displacement	0.00000161501 mm	0.640527 mm
Safety Factor	10.7436 ul	15 ul
Stress XX	-20.7646 MPa	22.4888 MPa
Stress XY	-9.92948 MPa	12.679 MPa
Stress XZ	-7.26107 MPa	7.41303 MPa
Stress YY	-30.0965 MPa	20.9573 MPa
Stress YZ	-4.81233 MPa	6.84421 MPa
Stress ZZ	-16.6896 MPa	17.6199 MPa
X Displacement	-0.173687 mm	0.133875 mm
Y Displacement	-0.633241 mm	0.00222195 mm
Z Displacement	-0.0718391 mm	0.071288 mm
Equivalent Strain	0.0000000155874ul	0.000330525 ul
1st Principal Strain	-0.00000663176 ul	0.000385876 ul
3rd Principal Strain	-0.000385774 ul	0.0000108378 ul
Strain XX	-0.00000296686 ul	0.000350368 ul
Strain XY	-0.000349013 ul	0.0000011882 ul
Strain XZ	-0.000222141 ul	0.00027177 ul

Strain YY	-0.000191672 $\mu\epsilon$	0.000244748 $\mu\epsilon$
Strain YZ	-0.000140163 $\mu\epsilon$	0.000143096 $\mu\epsilon$
Strain ZZ	-0.000308329 $\mu\epsilon$	0.000260413 $\mu\epsilon$
Contact Pressure	-0.0000928941 $\mu\epsilon$	0.000132116 $\mu\epsilon$
Contact Pressure X	-0.000185861 $\mu\epsilon$	0.000138978 $\mu\epsilon$
Contact Pressure Y	0 MPa	110.303 MPa
Contact Pressure Z	-98.9137 MPa	56.2078 MPa

На слици 54 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. Максимална вредност се јавља у зони око места где се цев управљача спаја са страницама рама и износи 25,6 MPa (слика 55), док се на месту где се поставља задњи точак јавља вредност од 0 MPa.

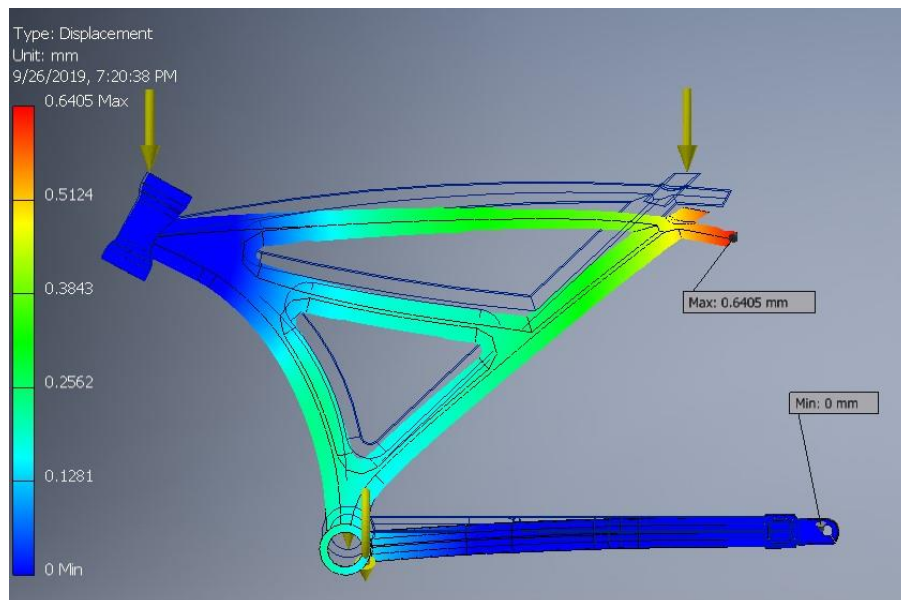


Слика 54. Фон Мизесови напони код коначног решења рама за трећи случај



Слика 55. Место највећег напона код коначног решења рама за трећи случај

На слици 56 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На крају страница рама где се налази чаура за седиште јавља се максимална вредност померања од $0,6405\text{ mm}$. На месту где се поставља задњи точак нема померања.



Слика 56. Деформације код коначног решења рама за трећи случај

Четврти случај расподеле вредности сила

У табели 26, 27, 28 и 29. дате су вредности сила и момента за први случај расподеле вредности сила.

Табела 26. Вредности силе код педала

Load Type	Remote Force
Magnitude	420.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-420.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 27. Вредности силе код управљача

Load Type	Force
Magnitude	360.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-360.000 N
Vector Z	0.000 N

Табела 28. Вредност силе код седишта

Load Type	Force
Magnitude	420.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-420.000 N
Vector Z	-0.000 N

Табела 29. Вредност момента код педала

Load Type	Moment
Magnitude	63000.000 N mm
Vector X	63000.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm
Vector Z	0.000 N mm

У табелама 30 и 31 представљени су резултати анализе.

Табела 30. Реакције сила и момената

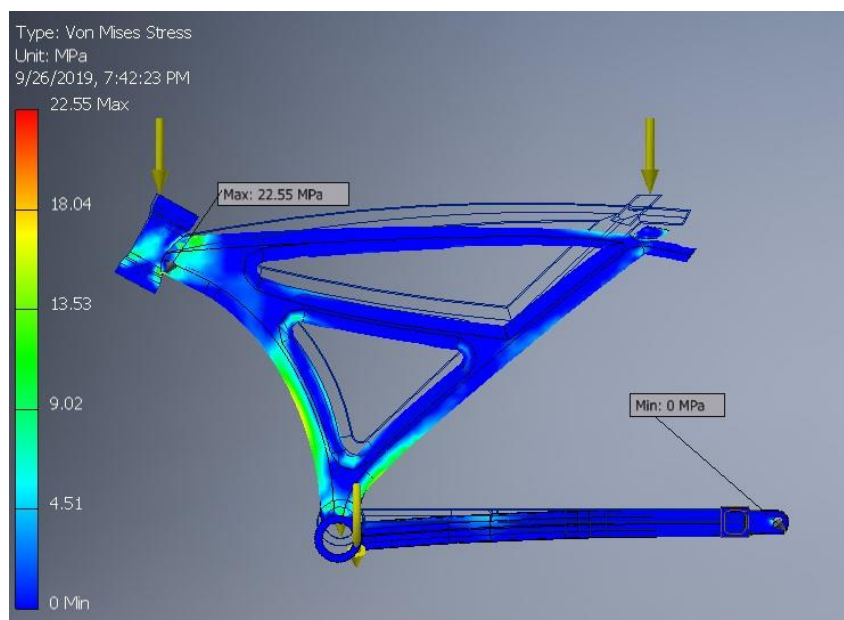
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:1	440.721 N	439.137 N	4.1738 N m	0.0373114 N m
		-6.84967 N		4.1638 N m
		36.7092 N		0.286322 N m
Pin Constraint:2	440.897 N	439.328 N	4.13581 N m	-0.189491 N m
		-7.6556 N		-4.12154 N m
		-36.3615 N		0.286234 N m
Frictionless Constraint:1	1.44995 N	0 N	59.1082 N m	-59.0879 N m
		0 N		-1.54764 N m
		1.44995 N		0 N m
Pin Constraint:3	1498.57 N	-880.882 N	161.477 N m	-0.290132 N m
		1212.33 N		0.153996 N m
		0 N		161.477 N m

Табела 31. Укупни резултати испитивања усвојене концепције рама

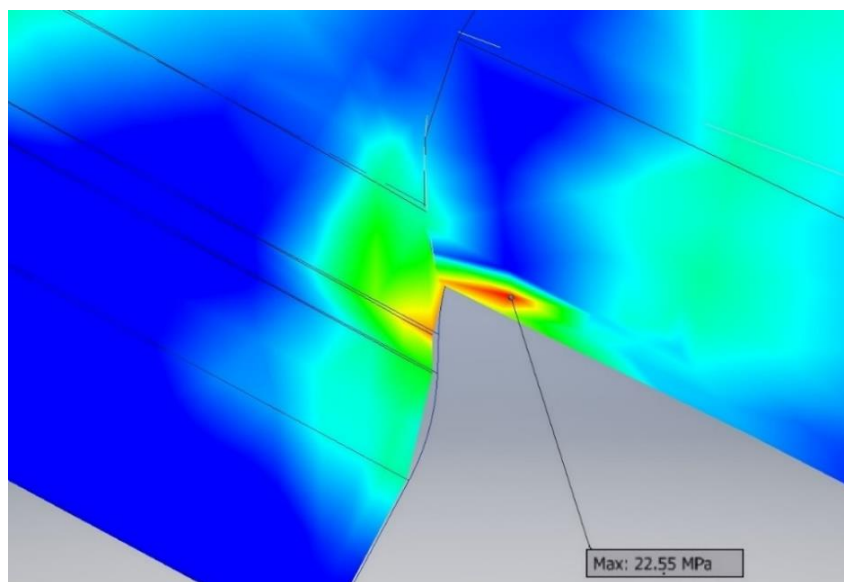
Name	Minimum	Maximum
Volume	1098320 mm ³	
Mass	2.96546 kg	
Von Mises Stress	0.000831244 MPa	22.5495 MPa
1st Principal Stress	-7.98194 MPa	22.9216 MPa
3rd Principal Stress	-29.1694 MPa	6.25603 MPa
Displacement	0.00000875956 mm	0.563828 mm
Safety Factor	12.1954 ul	15 ul
Stress XX	-18.2467 MPa	19.4035 MPa
Stress XY	-8.71643 MPa	11.1239 MPa
Stress XZ	-6.37597 MPa	6.48802 MPa
Stress YY	-27.258 MPa	18.3963 MPa
Stress YZ	-4.22715 MPa	5.90278 MPa
Stress ZZ	-14.9161 MPa	15.1767 MPa
X Displacement	-0.152602 mm	0.117766 mm
Y Displacement	-0.557415 mm	0.00203841 mm
Z Displacement	-0.0629967 mm	0.0625155 mm
Equivalent Strain	0.0000000111947 ul	0.000291146 ul
1st Principal Strain	-0.00000262207 ul	0.000307508 ul
3rd Principal Strain	-0.000318183 ul	0.00000112429 ul
Strain XX	-0.000192938 ul	0.000238572 ul
Strain XY	-0.000168256 ul	0.000214728 ul
Strain XZ	-0.000123078 ul	0.00012524 ul

Strain YY	-0.000281287 ul	0.000228408 ul
Strain YZ	-0.0000815981 ul	0.000113943 ul
Strain ZZ	-0.000163225 ul	0.000120928 ul
Contact Pressure	0 MPa	98.3783 MPa
Contact Pressure X	-88.1178 MPa	50.3341 MPa
Contact Pressure Y	-41.649 MPa	78.2765 MPa
Contact Pressure Z	-20.5861 MPa	15.7869 MPa

На слици 57 приказани су Фон Мизесови напони и места у којима се јавља максимална и минимална вредност напона. Максимална вредност се јавља у зони око места где се цев управљача спаја са страницама рама и износи 22,55 *MPa* (слика 58), док се на месту где се поставља задњи точак јавља вредност од 0 *MPa*.

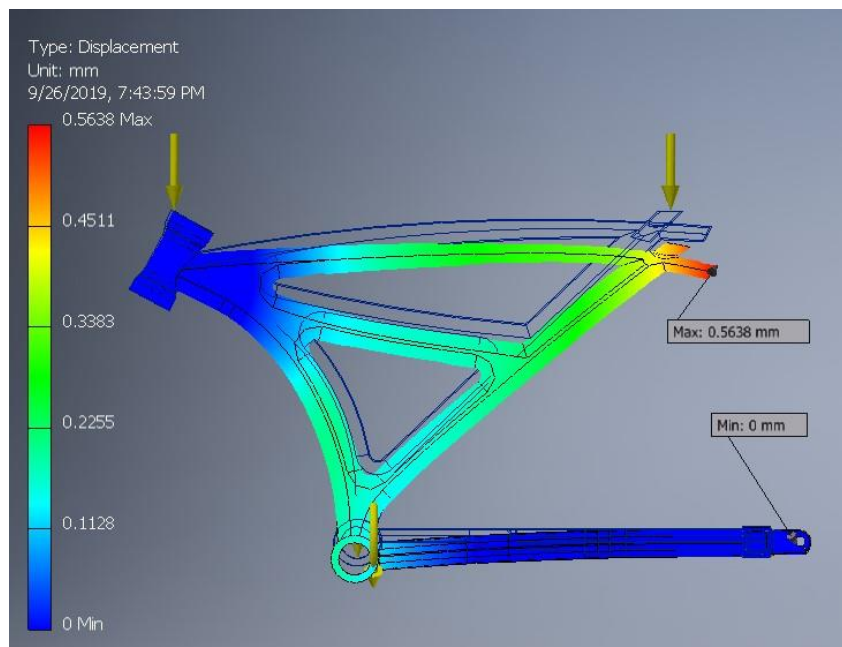


Слика 57. Фон Мизесови напони код коначног решења рама за четврти случај



Слика 58. Место највећег напона код коначног решења рама за четврти случај

На слици 59 приказане су деформације и места на којима се јављају максимална и минимална вредност деформације рама. На крају страница рама где се налази чаура за седиште јавља се максимална вредност померања од $0,5638\text{ mm}$. На месту где се поставља задњи точак нема померања.



Слика 59. Деформације код коначног решења рама за четврти случај

5.3. Дискусија добијених резултата

На основу урађене анализе напонског и деформационог стања за све четири случаја расподеле вредности сила, може се закључити да нова концепција рама задовољава са аспекта функционалности и поузданости за сва четири случаја. Препоручена дозвољена вредност напона за изабрани материјал је 155 MPa , док деформације у зависности од дужине саме концепције не би смеле да пређу вредност од $4,5\text{ mm}$.

Када се упореде добијени резултати види се да су вредности напона и деформација највећи за други случај, када највећи део силе делује код седишта. Упоредни преглед добијених резултата приказан је у табели 32.

Табела 32. Упоредни приказ резултата нове концепције

	Максимални напони, MPa	Максимална деформација, mm
Први случај	27,34	0,6185
Други случај	33,33	0,8235
Трећи случај	25,6	0,6405
Четврти случај	22,55	0,5638

Добијене вредности максималних напона су знатно мање од дозвољених, што упућује на могућност кориговања предложеног конструкционог решења рама у смислу једноставније конструкције и смањења масе.

6. ЗАКЉУЧАК

Бицикл, а самим тим и рам као један од основних делова бицикла, створан је би олакшао потребе човеку. Основни задатак рама је да бицикл учини стабилном конструкцијом која ће издржати задата оптерећења.

Геометрија и величина рама бицикла имају велики утицај на његове основне карактеристике као што су управљивост и удобност. У зависности од своје намене бицикли се могу израђивати у различитим варијантама. Данас се даје велики допринос примени савремених материјала за израду рама, како би се добила што мања укупна маса бицикла. Мања маса је веома значајна за бицикл који се користи у спортске сврхе или за захтевнију рекреативну вожњу, због тога што има велики утицај на боље перформансе бицикла.

Сам дизајн нове концепције рама знатно је олакшан применом софтвера *Autodesk Inventor 2019*, који омогућава бржи, ефикаснији, а самим тим и поузданији прорачун. Такође се добија и реалистичан 3D приказ самог модела рама.

Анализа напонског и деформационог стања применом методе коначних елемената је показала због чега је првобитно усвојено идејно решење рама бицикла морало да претрпи одређене измене. Анализа, извршена за коначно идејно решење рама бицикла за сва четири случаја расподеле вредности сила, задовољава потребне услове са аспекта поузданости и функционалности.

За саму безбедност у саобраћају, тј. видљивост, може се узети у разматрање бојење рама посебним бојама које би упијале сунчеву енергију током дана, док би током ноћи због те упијене сунчеве енергије, боја почела да светли и сама бицикла поред светлосних уређаја који се налазе на њој, била би још више уочљивија у саобраћају.

Како би се побољшала употребљивост бицикла, треба размотрити идеју да се бицикл односно рам изради тако да се седиште и управљач могу померати транслаторно у два правца.

У циљу потврде добијених резултата планира се детаљна анализа бицикла са новом концепцијом рама у реалним условима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ивановић Л. Кузмановић С., Вереш М., Индустријски дизајн, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2015.
- [2] <https://www.makodesign.com/blog/2017/09/26/evolution-industrial-design/>
- [3] <https://ucmp.berkeley.edu/history/vinci.html>
- [4] <https://designformsofart.com/collections/lifestyle/products/leonardo-da-vinci-invention-sketches-poster-carry-all-pouch>
- [5] <https://www.britannica.com/topic/industrial-design/>
- [6] <https://www.fawnandforest.com/products/naef-bauhaus-chess-set>
- [7] <https://www.raymondloewy.com/almanac-father-streamlining/>
- [8] <https://www.designswan.com/archives/essay-brief-history-of-industrial-design.html>
- [9] <https://benz.lastri.co/origem-do-simbolo-da-mercedes-benz/>
- [10] Навалушић С., Индустријски дизајн – скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2016.
- [11] <http://productlifecyclestages.com/new-product-development-stages/>
- [12] <https://www.pinterest.com/pin/516647388479812321/>
- [13] Herlihy V. D., Bicycle the History, Yale University, New York, 2004.
- [14] <https://www.bbc.co.uk/newsround/40244888>
- [15] <https://www.pinterest.com/pin/363032419937054334/>
- [16] https://www.allposters.co.uk/-sp/Johnnie-Dunlop-on-the-First-Bicycle-to-Be-Fitted-with-Pneumatic-Tyres-Posters_i6852343_.htm
- [17] <https://totalwomenscycling.com/commuting/quick-guide-bicycle-chain-oils-lubes#GWtZYA4jTyFu2Cce.97>
- [18] <https://www.testbike.hu/velemenymtb/capriolo-level-91>
- [19] <https://bike.bikegremlin.com>
- [20] <http://planetbike.rs/pbshop/Biciklizam/Delovi/Pogoni/5770/>
- [21] <http://centurycycles.com/tips/tech-talk-bike-components-for-beginners-pg1269.htm>,
- [22] <https://www.fasttech.com/product/7201300-authentic-shimano-ig51-8-speed-bicycle-chain>
- [23] <https://www.centurycycles.com>
- [24] <http://planetbike.rs/pbshop/Biciklizam/Delovi/Zadnji%20zupčanici/6140/>

- [25] <https://www.bicycling.com>
- [26] <https://www.trek bikessouthcarolina.com/about/basic-bicycle-anatomy-101-brake-systems-pg437.htm>
- [27] <https://www.dhgate.com/product/awst-38mm-clincher-700c-alloy-carbon-wheels/402690929.html>
- [28] <https://keindl-sport.hr/proizvodi/dijelovi-bicikli-prodaja-web/>
- [29] <https://www.mycity.rs/Biciklizam/Biciklisticka-azbuka.html>
- [30] Hadland T., Bicycle Design, MIT, Boston, 2014.
- [31] <http://powerbike.rs/product-category/biciklizam/bicikli/drumski-bicikli/>
- [32] <https://matis.com.hr/proizvod/cross-citerra-muski-gradski-bicikl-2019/>
- [33] <https://www.giant-bicycles.com/ca/expressway-1>
- [34] <https://fanatic.rs/mtb-bicikli>
- [35] <https://www.wiggle.co.uk/ghost-fr-amr-87-2019-full-suspension-bike/>
- [36] <https://www.giant-bicycles.com/us/escape-1-w-2012>
- [37] <https://www.sixthreezero.com/products/sixthreezero-evryjourney-womens-26-seven-speed-steel-step-through-touring-hybrid-bicycle>
- [38] Kocabiyik E., Engineering Concepts in Industrial Product Design With A Case Study of Bicycle Design , İzmir, Turkey, 2004.
- [39] <https://www.batemansbikeco.com/product/brodie-romax-6675.htm>
- [40] <https://www.bikeexchange.com.au/blog/bike-geometry-charts-explained-guide>
- [41] <https://www.bicycling.com/bikes-gear/a20047780/find-right-bike-size/>
- [42] <https://www.totalbike.rs/blog/kako-odabrati-pravu-velicinu-bicikle>
- [43] Марјановић Н., Основи конструисања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2001.
- [44] Девеџић Г., CAD/CAM технологије, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2009.
- [45] <https://www.autodesk.com>
- [46] Николић В., Механичка анализа елемената зупчастих преносника – монографија, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 1999.