

# Tehnologija izrade rame električnog bicikla

---

**Jovan, Valentino**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:028211>

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

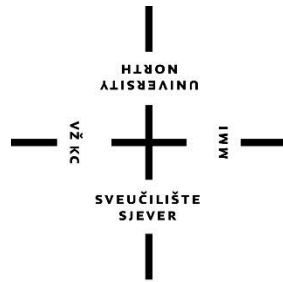
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

*Završni rad br. 228/PS/2017*

## **Tehnologija izrade rame električnog bicikla**

**Valentino Jovan, 3313/601**

Varaždin, rujan 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Valentino Jovan	MATIČNI BROJ	3313/601
DATUM	18.09.2017.	KOLEGIJ	Elementi strojeva I
NASLOV RADA	Tehnologija izrade rame električnog bicikla.		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Design of electric bicycle frame		
MENTOR	mr. sc. Zlatko Botak	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Katarina Pisačić, dipl.ing., predavač		
	2. mr. sc. Zlatko Botak viši predavač		
	3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač		
	4. Veljko Kondić, mag.ing.meh, predavač		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ	228/PS/2017
OPIS	<p>S povećanjem svijesti o važnosti očuvanja okoliša i smanjenju emitiranja štetnih plinova, nastoje se vozila s motornim pogonom zamijeniti nekim ekološki prihvatljivijim transportnim sredstvom. Električni bicikli imaju prilikom svoje upotrebe određene prednosti u odnosu na klasične kao što je lakše savladavanje većih udaljenosti i manje opterećivanje vozača. Konstrukcije bicikla mogu biti izrađene iz različitih materijala i različitim tehnologijama, a prednost se daje jednostavnim, čvršćim, lakšim i jeftinijim izvedbama.</p> <p>U radu je potrebno:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Opisati povijesni razvoj bicikala sa njihovim osnovnim karakteristikama.</li><li>• Naveći materijale koji su se koristili za izradu okvira bicikla i njihove značajke.</li><li>• Razraditi tehnologiju izrade okvira bicikla prema zadanim početnim uvjetima.</li><li>• Opisati tehnologije koje se koriste pri izradi rame bicikla.</li><li>• Razraditi tehnologiju izrade sastavnih dijelova rame bicikla.</li></ul>

ZADATAK URUČEN 25.09.2017. Botak





**Sveučilište  
Sjever**  
Odjel za Ime odjela

*Završni rad br. 228/PS/2017*

**Tehnologija izrade rame električnog bicikla**

**Student**

Valentino Jovan, 3313/601

**Mentor**

mr.sc. Zlatko Botak

Varaždin, rujan 2017. godine

## **ZAHVALA**

Veliku zahvalnost dugujem mentoru mr.sc. Zlatku Botaku koji mi je pomagao sa svojim savjetima pri izradi završnog rada i što je uvijek imao strpljenja za moje brojne upite.

## Sažetak

U završnom radu obrađena je tema konstruiranja i tehničke razrade izrade rama električnog bicikla. Cilj je napraviti što stabilniju konstrukciju bicikla modularnog dizajna, a istovremeno tehnološki jednostavnu za obradu, kako bi troškovi proizvodnje male serije bili što niži. Zbog smanjenja mase kompletne konstrukcije, za izradu okvira koristio bi se aluminij.

Konstrukcija bicikla izvedena je na način da je većina dijelova izrađena iz lima, pošto je to jedan od najdostupnijih i najpovoljnijih načina obrade metala.

U radu je razrađen koncept pojedinih dijelova bicikla te su oni proračunati i dimenzionirani, uz predviđenu i proizvodnu cijenu istih. Tehnička dokumentacija izrađena je u programu SolidWorks.

Ključne riječi:

Električni bicikl, tehnička razrada, okvir, Solidworks

## **Summary**

The final paper deals with the topic of design and technical development of electric bicycle frame. The aim is to make the construction of a modular design bicycle that is stable and at the same time technologically easy to produce, so the production costs of the small series are as low as possible. Due to the reduction of the mass of the complete structure, aluminum will be used as frame building material.

The construction of the bicycle has been made in such a way that most of the parts are made of sheet metal, as this is one of the most convenient and accessible methods of metal processing.

This paper elaborates the concept of individual bicycle parts and they are calculated and dimensioned, with the production price. The technical documentation was created in SolidWorks.

Keywords:

Electric bicycle, technical development, frame, Solidworks

## Popis korištenih kratica

<b>CAD</b>	Computer Aided Design Označava uporabu računala kroz proces dizajna i stvaranja dokumentacije.
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing Označava uporabu računala kroz proces proizvodnje
<b>MIG</b>	Metal Inert Gas Označava postupak zavarivanja taljivom žicom u zaštiti neutralnog (inertnog) plina
<b>TIG</b>	Tungsten Inert Gas Označava postupak zavarivanja netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina
<b>PAN</b>	Polyacrylonitrile Označava vrstu materijala iz kojeg je izrađeno karbonsko pletivo
<b>CNC</b>	Computer numerical control Označava automatiku alatnog stroja tako što računala izvršaju predprogramirane radnje upravljanja strojem
<b>W</b>	Vat Označava izvedenu jedinica SI sustava za snagu
<b>V</b>	Volt Označava mjernu jedinicu SI sustava za električnu razliku potencijala
<b>A</b>	Amper Označava mjernu jedinicu SI sustava za jakost električne struje
<b>Ah</b>	<b>Amper sat</b> Označava složenu mjernu jedinicu elektriciteta rabi se za iskazivanje napunjenosti akumulatora
<b>Wh</b>	<b>Vatsat</b> Označava složenu mjernu jedinicu energije



# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Razvoj bicikla .....	2
2.1.	Povijest bicikla .....	2
2.2.	Povijest električnog bicikla: .....	5
2.3.	Općenito o komponentama električnog bicikla:.....	5
2.3.1.	<i>Bicikli sa hub motorima .....</i>	6
2.3.2.	<i>Mid drive električni bicikli .....</i>	7
2.3.3.	<i>Pedal assist mod rada .....</i>	8
2.3.4.	<i>Throttle assist mod rada.....</i>	8
2.3.5.	<i>Baterija.....</i>	8
2.3.6.	<i>Okvir.....</i>	10
2.3.7.	<i>Kočnice.....</i>	10
3.	Materijali korišteni za izradu bicikla .....	11
3.1.	Čelik .....	11
3.1.1.	<i>Načini spajanja cijevi.....</i>	12
3.2.	Aluminijske legure .....	13
3.2.1.	<i>Tehnike spajanja aluminijskih okvira.....</i>	14
3.2.2.	<i>Oblikovanje aluminijskih cijevi .....</i>	14
3.3.	Karbonska vlakna .....	15
3.4.	Titan .....	17
3.5.	Magnezij .....	18
3.6.	Drvo.....	18
4.	Obrada zadatka završnog rada .....	19
5.	Opis tehnoloških postupaka za izradu dijelova sklopa .....	20
5.1.	CAD/CAM Sustav.....	20
5.2.	Lasersko rezanje metala .....	21
5.2.1.	<i>Lasersko rezanje taljenjem.....</i>	21
5.2.2.	<i>Lasersko rezanje kisikom .....</i>	21
5.2.3.	<i>Lasersko rezanje isparavanjem.....</i>	22
5.3.	Strojna obrada odvajanjem čestica .....	22
5.4.	Tokarenje.....	23
5.5.	Glodanje .....	25
5.6.	TIG zavarivanje (Tungsten inert gas).....	26
5.7.	MIG / MAG Zavarivanje.....	27
5.8.	Savijanje lima.....	28
6.	Konstruiranje i tehnologija izrade sklopa okvira bicikla .....	29
6.1.	Razrada okvira bicikla.....	32
6.1.1.	<i>Postupak CNC laserskog rezanja.....</i>	33
6.1.2.	<i>Primjer razrade pozicije za glodanje .....</i>	36
6.2.	Razrada stražnje vilice bicikla.....	42
7.	Zaključak.....	44
8.	Literatura.....	45

# 1. Uvod

Bicikl je vjerojatno jedno od omiljenijih prijevoznih sredstava u svijetu. U pojedinim državama, bicikli se koriste u svrhu gradskog prijevoza, a također su svoje mjesto našli i unutar sporta. Iako su bicikli često korišteno prijevozno sredstvo, ipak nisu za pogodni za svakoga, pa je zbog toga osmišljen električni bicikl.

Električni bicikli omogućuju svoju upotrebu i onim ljudima koji nisu u mogućnosti koristiti klasični bicikl iz zdravstvenih razloga ili iz razloga što žive na brdovitom terenu te bi bilo prenaporno koristiti obični bicikl kao način transporta. Također omogućuje putovanje na posao bez napora i znojenja, pa to predstavlja praktični način rješavanja ljudske velike ovisnosti o automobilima.

Transformiranjem cesta za automobile u gradovima u ceste za e-bicikle, dobili bi se puno veći tranzitni kapaciteti, zdravija populacija, manje zagađenje zraka i mnogo manje gužve.

Električni bicikli imaju sve prednosti klasičnog bicikla i još neke dodatne.

Prednosti su:

- nema troška registracije ni osiguranja,
- poboljšanje zdravlja,
- lakše savladavanje uzbrdica nego sa klasičnim biciklom,
- manje opterećenje vozača, pa je ljudima sa zdravstvenim problemima isto omogućena vožnja biciklom,
- domet koji se može postići biciklom znatno je povećan,
- trošak po kilometru vožnje je zanemariv.

Nedostaci električnog bicikla u odnosu na klasični:

- veća cijena,
- veća masa,
- ograničeni domet,
- kompleksnost izrade.

## 2. Razvoj bicikla

### 2.1. Povijest bicikla

Prvi bicikli nisu bili toliko sjajni i lagani, točnije bili su robusni, a iz perspektive današnjih vozača i dosta problematični za vožnju. Doduše njihov postupan razvoj omogućio je da se danas mogu voziti s lakoćom.

#### Oko 1790. godine – počeci

Dva kotača bila su montirana na drvenu ramu, a vozač je sjedio na njoj i pokretao vozilo odgurujući ga nogama. Iako se ne zna tko je originalni tvorac prvog dvokotača, francuski obrtnik **Mede de Sivrac** često se navodi kao dizajner vozila.

Doduše, ovaj izum je imao nekoliko mana.

Vozilo nije bilo stabilno, zbog čega se nije

moglo kretati po lošijem terenu, a kada bi vozač ustao vozilo bi padalo. Također su se javljale poteškoće prilikom skretanja - vozač je morao dignuti prednji kotač i povući ga kako bi okrenuo vozilo.



Slika 2.1 Prvi bicikl [1]

#### 1818. godina – Dresina

1815. godine dogodila se vulkanska erupcija vulkana Tambore u Indoneziji. Erupcija je uzrokovala uništenje usjeva, zbog čega su umirali konji. Njemački državni službenik **Karl von Drais** tražio je alternativu za konje. Odlučio je modificirati prvi dvokotač i napravio vozilo pod nazivom dresina koje je postizalo brzinu od 15 kilometara na sat. Jedna od važnijih modifikacija bila je stavljanje dodatnih dijelova koji su omogućili upravljanje prednjim kotačima. Zbog povećanje brzine na vozilo je dodano sjedalo kako bi vozač imao veću udobnost prilikom vožnje. Unatoč modifikacijama vozilom se također upravljalo tako da se moralo odgurivati nogama.

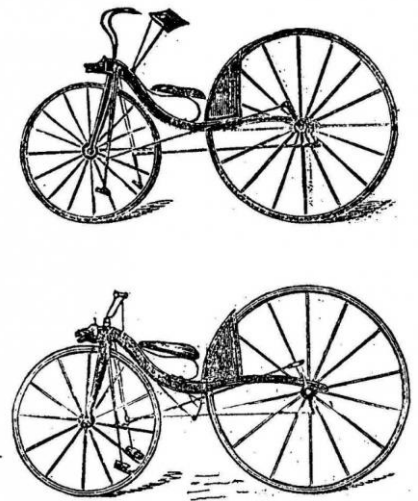


Slika 2.2 Prikaz bicikla Dresina [1]

### 1839. godina – prvi bicikl MCMILLANA

Prvi bicikl s pedalama napravio je Škot **Kirkpatrik Macmillan**. On je na vozilo dodao dvije poluge na obje strane okvira u blizini položaja nogu. Jedan kraj poluge nalazio se na okviru, a drugi kraj je imao kratki nastavak za pedale. Vozač je tako mogao uz pomoć pedala okretati mehanizam koji je pokretao zadnji kotač. To vozilo je zapravo prvo dobilo ime bicikl.

Unatoč tome što je Macmillan stvorio prvi bicikl, nije uspio komercijalizirati njegovu uporabu, pa tako niti jedan bicikl nije bio prodan. Razlog tome je tad još nesavršeni mehanizam za okretanje kotača, koji je stvarao više problema nego koristi.



*Slika 2.3 Prikaz bicikla Mcmillana [1]*

### 1853. godina – Kvadricikl

Popularnost bicikla bila je dovoljno velika da se razviju i neke varijacije. Recimo kvadricikl, koji je bio u upotrebi od 1853. godine. Riječ je o pedalirajućem vozilu za dvije osobe. Ovo vozilo održalo se do danas, te se u svom modernom izdanju koristi za iznajmljivanje turistima u nekim svjetskim metropolama. Postoje čak i pedalirajući taksisti koji voze ljude u kvadriciklima, a znaju se nekad koristiti i za industrijske usluge u tvornicama u Aziji.



*Slika 2.4 Prikaz kvadricikla [1]*

## 1867. godina – Michauxov bicikl

Iduća četiri desetljeća nije bilo pretjerano bitnog razvoja i inovacije u dizajnu bicikla. Francuski kovač **Pierre Michaux** zaslužan je za novi dizajn bicikla, koji je imao prigodan sistem za pedale. Sistem za pedaliranje nalazio se na prednjem kotaču. Njegov bicikl bio je sličan današnjim dječjim triciklima. On je također zaslužan za dodavanje još jedne inovacije. Unatoč uporabi suspenzija, drveni kotači obrubljeni željezom stvarali su probleme vozačima koji su njegovom biciklu dali nadimak ‘Bone Shaker’. Bicikl se proizvodio od 1867. do 1871. godine u Francuskoj.



*Slika 2.5 Prikaz Michaux-ovog bicikla[1]*

## Era razvoja modernih bicikala

Tijekom daljnjeg razvoja bicikla bilo je važno povećati njegovu brzinu.

Optimalan broj okretaja u minuti koje mogu proizvesti ljudske noge je oko 50 okretaja.

Zbog toga je bilo potrebno povećati brzinu povećavanjem promjera kotača, ali i tu su postojali određeni problemi.

Od 1870. pa do 1900. godine era je bicikla s visokim kotačima, koji su postigli komercijalan uspjeh. Jedini problem koji bio povezan s povećanjem brzine bila je veličina bicikla.

Centar stabilnosti bio je veoma visok i nalazio se blizu prednjeg kotača. Pokretanje prednjega kotača koji je bio većeg promjera, doveo je do manjka stabilnosti. Najmanji kamenčić ili naglo kočenje moglo je uzrokovati padanje vozača s bicikla.

Englez **Henry J. Lawson** riješio je mnoge probleme i izumio novi dizajn bicikla, koji se smatrao sigurnim biciklom. Smanjena je veličina prednjega kotača i umjesto direktne transmisije sile, koristio se sistem lanaca i lančanika.

Nakon toga došlo je do malenih, ali značajnih promjena u konstrukciji. Oba kotača postala su jednake veličine, koristile su se gume kakve se koriste i danas, zvonice te tangencijalne žbice umjesto radijalnih žbica, zbog čega je bicikl napokon postao stabilniji.

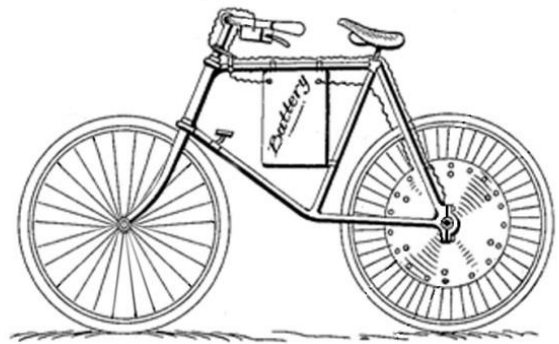


*Slika 2.7 Prikaz Lawson-ovog bicikla [1]*

## **2.2. Povijest električnog bicikla:**

Električni bicikli nisu nova tehnologija, zapravo prvi motorom pogonjeni bicikli dokumentirani su sa različitim patentima 1890. godine, ali ta tehnologija nikada nije dobila na popularnosti. Prvi električni bicikli slični današnjima razvijeni su oko 1990. godine. Bili su popularni u Kini i Indiji, ali relativno malo i u ostalom dijelu svijeta.

S globalnim trendom micanja automobila iz središta gradova, električni bicikli sada naglo postaju popularni diljem svijeta.



*Slika 2.8 Skica iz patenta prvog električnog bicikla [2]*

## **2.3. Općenito o komponentama električnog bicikla:**

Moderni električni bicikl sastoji se od nekoliko komponenti, koje će biti detaljno opisane u poglavljima koje slijede.

Ovisno o mjestu montaže motora postoje dva glavna tipa električnih bicikala, a to su Hub motori (u kotaču) i mid drive motori (na okviru).

### 2.3.1. Bicikli sa hub motorima

Postoje dvije različite vrste hub motora:

**Direktni hub motori** koriste cijelo kućište kao motor.

Oni su veći, brži i izdržljiviji ali imaju manje okretnog momenta, relativno su teški i imaju nešto manji faktor iskorištenja energije.

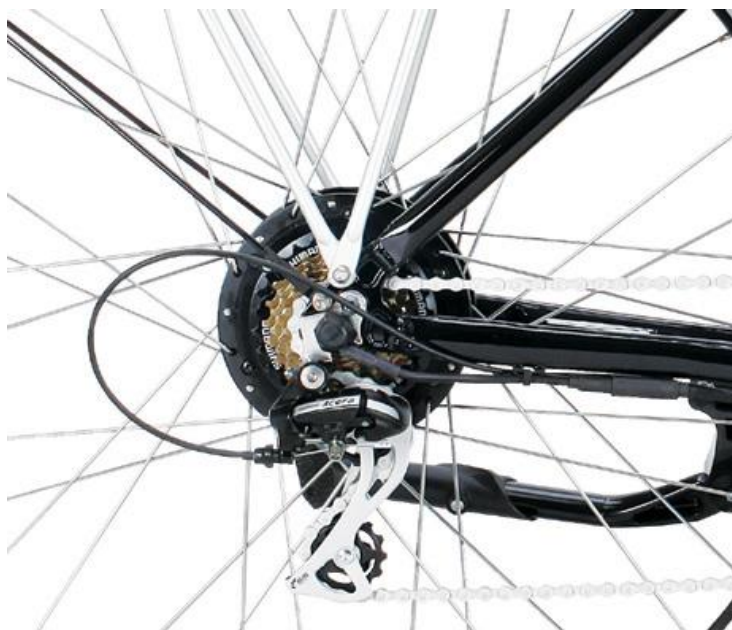
Ovi motori konstantno su uključeni, pa zbog toga postoji opcija regenerativnog kočenja, da se dio kinetičke energije može vratiti natrag u bateriju, umjesto da ode u toplinu. Pošto imaju samo jedan pokretni dio vrlo su tihi.



*Slika 2.9 Prikaz direktnog hub motora [3]*

Hub motori s prijenosom manji su i lakši od direct drive hub motora slične snage, te na prvi pogled čak i nisu primjetni na biciklu. Uglavnom imaju veći okretni moment ali manje krajnje brzine. Također imaju i free-wheel, što znači da nemaju otpora kad motor nije u upotrebi, ali također nije moguće koristiti opciju regenerativnog kočenja. Puno su kompliciranije izvedbe i imaju mnogo pokretnih dijelova, pa su znatno glasniji od direktnih hub motora, također imaju i nešto manji životni vijek.

Hub motori mogu se nalaziti na prvom ili na zadnjem kotaču, a svaka opcija ima svoje prednosti i nedostatke. Prednji hub motori omogućavaju osjećaj pogona na oba kotača, što se pojedinim vozačima sviđa a pojedinim ne. Prednji hub motori mnogo su jednostavniji za ugradnju i održavanje, zbog toga što nemaju veze sa pogonom, ali postoji mogućnost proklizavanja motora kada nema neke veće težine na prvom dijelu bicikla.



*Slika 2.10 Prikaz hub motora s prijenosom[3]*

Straga montirani hub motori mogu podnijeti puno veće snage, zbog toga jer je okvir bolje dizajniran da prenese veće okretno momente na zadnjem kotaču nego na prednjem.

To je najčešća opcija montaže, unatoč kompliciranijoj montaži i održavanju, zbog toga jer ima stil vožnje vrlo sličan klasičnom biciklu.

### 2.3.2. Mid drive električni bicikli

Imaju specijalno prilagođeni okvir bicikla koji integrira motor na ili kraj bottom bracket-a. Taj dizajn ima prednost jer se može koristiti standardni pogon bicikla, što dozvoljava korištenje brzina koje su na biciklu. Na tom sistemu vozač mijenja brzine kako bi održavao okretaje motora što bliže optimalnim okretajima. Direktni hub motori ne mogu mijenjati brzine, te imaju sklonost „zagušivanju“ na strmijim usponima.

Mid drive sistemi daju osjećaj normalnog bicikla, zbog toga što pogone pedale baš kao i ljudske noge, te vozači koji često prolaze duge i strme uspone preferiraju mid drive motore.

Mid drive bicikli imaju bolje raspoređenu težinu, zbog toga jer je motor montiran nisko dolje i ima nizak centar gravitacije, što rezultira balansiranim biciklom.

Pošto su elektroničke komponente ukomponirane u okvir, mnogo lakše je odrađivati jednostavne popravke kao npr. zamjenu gume.

Mid drive ima i jedan nedostatak, zbog toga što se snaga prenosi preko lanca dolazi do povećanog trošenja lanaca i lančanika u odnosu na hub motore, koji smanjuju opterećenje na lančanom prijenosu.

Kao što postoji više opcija montaže motora, postoji i više opcija kontrole i pokretanja motora.



*Slika 2.11 Prikaz mid drive motora[3]*



### Pedal assist mod rada

Pedal assist je također poznat i kao pedelec, a aktivira motor jedino preko okretanja pedala. Kako se pedale okreću, uključuje se motor i omogućuje više snage. Skoro svi pedal assist modovi omogućavaju različite razine pomoći, uglavnom u razinama od 1 do 10.

Najjednostavnija forma pedal assist-a je cadence senzor, koji uzima u obzir samo broj okretaja pedala a ne jačinu kojom se pritišću pedale.

Skuplji i napredniji bicikli imaju još i senzor momenta, koji mjeri kojom silom je pritisnuta pedala i nudi više „pomoći“ ili veću snagu motora što je jače pritisnuta pedala.



Slika 2.12 Prikaz cadence senzora [3]

### 2.3.3. Throttle assist mod rada

**Taj mod** znači da bicikl funkcionira kao motocikl ili skuter, a kada se okrene ručica gasa motor se aktivira. U ovom slučaju može se pomagati pedaliranjem ili se noge mogu odmarati.

Mnogi novi bicikli nude obadvije opcije, te je moguće prebaciti iz jednog moda u drugi.

### 2.3.4. Baterija

Baterije su najbitnija komponenta bicikla, zbog toga što čuvaju energiju potrebnu za kretanje bicikla. Tipična baterije bicikla mogu pružiti 300-500 W snage (35-50V 10A), što je otprilike četvrtina snage potrebne za rad tostera. Teoretski je za tu namjenu moguće koristiti bilo koje baterije, ali ciljana tehnologija baterija je ona, koja ima što veći kapacitet u odnosu na što manju masu, kako ne bi potrošili pola uskladištene energije za vuču baterije na biciklu.

Najviše električnih bicikala trenutno koristi olovne ili Litij-ion baterije.

Olovne baterije su najpovoljnije, ali i najlošija opcija zbog svoje velike težine i malog vijeka trajanja.

Litij-ion baterije su najlakše, najefektivnije i u konstantnom porastu upotrebe za električne bicikle. Svi noviji bicikli uglavnom koriste 18650 litijske ćelije, koje se nalaze npr. i u tesli.



Slika 2.13 Prikaz presjeka Litij-ion baterije [4]

Tipična baterija ima kapacitet da se postigne domet od 15-60 km pri brzinama od 15-30 km/h.

Motori su označeni prema njihovoj snazi u vatima (W).

Tipični električni bicikl ima snagu od 250 W do 1200 W na više.

Kako okvirno proračunati domet bicikla:

Napon (V): vrijednost potencijala baterije, što je veći napon baterija će moći isporučiti više snage.

Tipične vrijednosti napona u baterijama za električne bicikle su između 24V i 48V.

Ampersati (AH): To je mjerna jedinica kapaciteta energije mjerena u koliko ampera baterija može dati po jednom satu. Uglavnom su u području od 8 do 20 Ah.

Vatsati (WH): To je mjerna jedinica pohranjene energije mjerena u vatsatima. Može biti izračunata množenjem Ampersati i Napona.

Na primjer:

Baterija 36V sa 11 Ah ima 396 Wh.

Tipični električni bicikl troši između 8 i 16 Wh po kilometru, ovisno o konfiguraciji terena i pomoći vozača.

Na primjer, ako se vozi po ravnom terenu i troši otprilike 8 Wh/km, s baterijom kapaciteta od 400 Wh, domet se može izračunati na sljedeći način:

$$400\text{Wh} / 8\text{Wh/km} = 50 \text{ km.}$$

Znači domet bicikla je 50 km, uz uvjet da se baterija potroši do kraja.

Ako se koristi ista baterija a promijeni teren vožnje s brdovitim terenom pri kojem se troši 16 Wh/km, slijedi izračunati domet vožnje:

$$400\text{Wh} / 16 \text{ Wh/km} = 25 \text{ km.}$$

Na raspolaganju je energije za 25 km, uz uvjet da se baterija potroši do kraja, što znači duplo manje.

Domet ovisi o konfiguraciji terena, načinu vožnje, vjetru i ukupnom opterećenju bicikla (masi na biciklu).

Dobar električni bicikl ima idealne sve komponente koje čine bicikl odličnim, vrlo izdržljiv i čvrst okvir, vrlo kvalitetne mjenjače, vrlo efektivan kočioni sustav, stabilnu vilicu, snažne kotače, bateriju velikog kapaciteta, pouzdanu elektroniku itd.

Potrebno je dobro proučiti svaku komponentu bicikla, te ih međusobno uskladiti da kao cjelina čine funkcionalan sklop.

### 2.3.5. Okvir

Okvir bicikla električnih bicikala je drugačiji, a uglavnom se proizvodi od aluminija kako bi bio što manje mase. Uglavnom se pokušava u okvir smjestiti baterija, da bi konstrukcija bila što kompaktnija. Cijeli okvir mora biti ojačan zbog povećanog opterećenja na okvir, veće težine i povećanog okretnog momenta na kotačima. U konstrukciji koja se opisuje u završnom radu također se koristi aluminij, a u okvir će biti ukomponirani svi dijelovi kao što su baterija, elektronika, senzori i sl.[20].

### 2.3.6. Kočnice

Zbog povećane mase kompletnog bicikla, te većih brzina koje postižu, električnim biciklima potrebne su snažnije kočnice u odnosu na klasične bicikle. Dobra strana električnih bicikala je što imaju mogućnost regenerativnog kočenja, tako da se smanji opterećenje na kočnice i ujedno dopunjava baterija. Za bicikl koji će se konstruirati u ovom radu predviđene su prednje i zadnje hidraulične disk kočnice s regenerativnim kočenjem motorom [20].



*Slika 2.14 Prikaz presjeka Litij-ion baterije [21]*

### 3. Materijali korišteni za izradu bicikla

Različiti materijali korišteni za izradu okvira bicikla imaju različita svojstva, koja je važno razumjeti pri odabiru materijala za okvir bicikla. Još važnije je znati da će svojstva gotovog proizvoda više ovisiti o dizajnu i geometriji nego o materijalu.



*Slika 3.1 Hidroformirane cijevi za izradu okvira [5]*

#### 3.1. Čelik

Prilično je univerzalan, 95% svjetskih bicikala izrađeno je iz čeličnih cijevi i to iz dobrog razloga. Čelik je jeftin, jednostavan za obradu, trajan ako je dobro zaštićen, te jedan od najtvrdih i najčvršćih konstrukcijskih materijala.

Za izradu okvira bicikla koristi se više vrsta čelika:

##### **Nisko legirani čelik**

Koristi se za okvire loše kvalitete izrađenih od cijevi debelih stijenki koje su izrađene od zavarenih čeličnih traka. To rezultira čvrstim i trajnim okvirom, koji ima tu manu da je vrlo težak. Većina tih okvira proizvedena je u Kini ili Indiji.

##### **Nisko ugljični čelik**

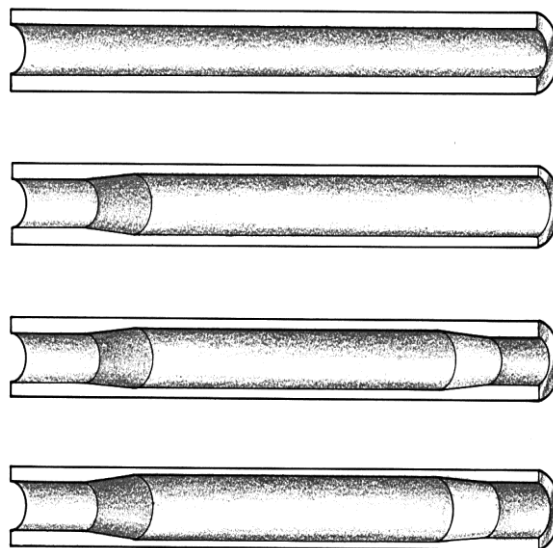
Nije mnogo skuplji ali je mnogo bolji nisko ugljični čelik, koji se može nabaviti u šavnim ili bešavnim cijevima. Ovaj materijal dobar je za primjene gdje težina okvira nije toliko bitan faktor, odnosno gdje je važnija čvrstoća i trajnost.

##### **Krom molibden (4130)**

Koristi se za okvire gdje je težina bitna. Zbog svojih vrlo dobrih mehaničkih svojstava mogu se koristiti cijevi sa tanjom stjenkom, što znatno smanjuje masu okvira. Još uvijek se često koristi za izradu okvira kvalitetnijih trkaćih bicikala.

### **Butirane cijevi**

Skoro sve specijalne cijevi za izradu bicikala su butirane. To znači da je na zadnjih npr. 50 mm cijevi stijenka do 50% deblja nego na sredini cijevi. To nije iz razloga što je naprezanje na krajevima veće, nego da se kompenzira gubitak čvrstoće na krajevima cijevi uzrokovan spajanjem cijevi.

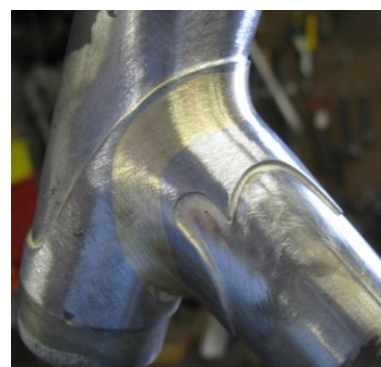


*Slika 3.2 Presjek butiranih cijevi [5]*

### **3.1.1. Načini spajanja cijevi**

#### **Spojne čahure i tvrdo lemljenje**

Ovaj proces upotrebljava se približno oko 150 godina. Za tvrdo lemljenje koristi se mesing ili mjed. Postupak je moguće automatizirati ili se odrađuje ručno. U nekim slučajevima se za lemljenje koristi srebro, da se unese manje temperature u cijevi i zadrži što više čvrstoće.



*Slika 3.3 Spoj cijevi spojnomo  
čahurom i tvrdim lemljenjem [7]*

#### **MIG zavarivanje**

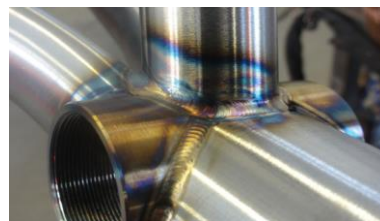
Brži, jeftiniji i najčešće korišteni način spajanja za velikoserijske bicikle. MIG zavarivanje koristi žicu materijala sličnog materijalu okvira koja se dodaje kroz gorionik okružena inertnim plinom, najčešće argonom. Električni luk spaja žicu i cijevi u jedno. MIG postupak zavarivanja idealan je proces za automatiziranje pomoću robota i daje prilično dobre rezultate.



*Slika 3.4 Spoj cijevi MIG  
zavarivanjem [6]*

## **TIG zavarivanje**

Kad su u pitanju cijevi sa tanjom stijenkom, koristi se TIG zavarivanje. U ovom postupku zavarivanja koristi se volframova igla umjesto žice, a električni luk mnogo je lakše kontrolirati. Često se koristi dodatni materijal u obliku žice. Većina okvira od krom molibden-a zavarena je tim postupkom.



*Slika 3.5 Spoj cijevi TIG zavarivanjem [8]*

## **Tvrdo lemljenje**

Najsporiji način spajanja ali je najelegantnijeg izgleda. Na spojevima cijevi deponira se velika količina dodatnog materijala, mjedi, bronce i sl.... Taj materijal se naknadno brusi i polira da se dobije glatki spoj.



*Slika 3.6 Spoj cijevi tvrdim lemljenjem [6]*

## **3.2. Aluminijske legure**

Ako se uzme u obzir globalna industrija bicikala, aluminij sudjeluje malim postotkom u građi bicikala, jedino kod kvalitetnijih bicikala on poprima vrlo važnu i rastuću ulogu.

Aluminij je slabije čvrstoće od čelika i daje lošije rezultate na zamor materijala, ali je od njega skoro 3 puta lakši.

Svi konstrukcijski aluminiji legirani su malim postotkom drugih elemenata, slično kao i kod čelika. Prema tim legirnim elementima dijele se na serije od 1xxx, koja je čisti aluminij, do serije 8xxx koja je legirana litijem kao glavnim legirnim elementom.

### **6061 i verzije**

Najčešće korištena legura je 6061 zbog svoje prilično velike čvrstoće od 420 MPa. Može biti hladno oblikovana, oporna je na koroziju i dobro se zavaruje. Zahtijeva posebnu toplinsku obradu nakon zavarivanja inače, počinje pucati na zavarima.

### **7005 i 7020**

Drugi veliki favorit velikoserijskih proizvođača je 7005 ili 7020, a on je nešto kvalitetniji od 6061. Također se dobro oblikuje, otporan je na koroziju, ali nema tako dobru zavarljivost. Nakon naknadne toplinske obrade nije moguće povratiti potpunu čvrstoću kao kod 6061, zbog napetostne korozije koja se javlja na zavarima. Najbolji način za rješavanje tog problema je korištenje butiranih cijevi, tako da na krajevima cijevi ima dovoljno stijenke za sigurni i kvalitetni zavar.

## 5082

Treća glavna legura je 5082, koja ima visoku čvrstoću, dobro se oblikuje, ima najbolju otpornost na korziju i najbolju zavarljivost od svih aluminijskih legura. Nedostatak joj je što nije toplinski obradiva kao ostale legure, pa pad čvrstoće nakon zavarivanja nije moguće povratiti. Jedini način za povećanje čvrstoće je hladno deformiranje. Korištenje butiranih cijevi preporuka je i kod upotrebe tih legura.

## 2014 i 7075

Ako se želi radije lijepiti okvir nego zavarivati, moguće je koristiti 2014 i 7075 legure. Legura 2014 najčešće se koristi u avio industriji. Ima slabu korozivsku otpornost i oblikovljivost ali se dobro obrađuje strojno. Legura 7075 je najkvalitetnija legura aluminijska. Ima 565 MPa vlačne čvrstoće i slične karakteristike kao 2014.

### 3.2.1. Tehnike spajanja aluminijskih okvira

Skoro svi aluminijski okviri spajani su TIG postupkom, koji se koristi za spajanje čeličnih rama.

### 3.2.2. Oblikovanje aluminijskih cijevi

Oblikovanje cijevi bitno je skoro kao i materijal iz kojeg su izrađene. Oblikovanje ima veliki utjecaj na to kako se sila prenosi preko i oko okvira bicikla. Oblikovanje cijevi je omogućilo povećanje čvrstoće okvira uz zadržavanje iste ili smanjenje težine.

Oblikovanje cijevi dozvoljava optimiziranje čvrstoće i krutosti okvira u ključnim područjima i stvaranje vrlo dobro posloženih okvira. Kod testiranja, okviri sa cijevima koje su oblikovane postižu puno bolje rezultate od okvira s okruglim cijevima.



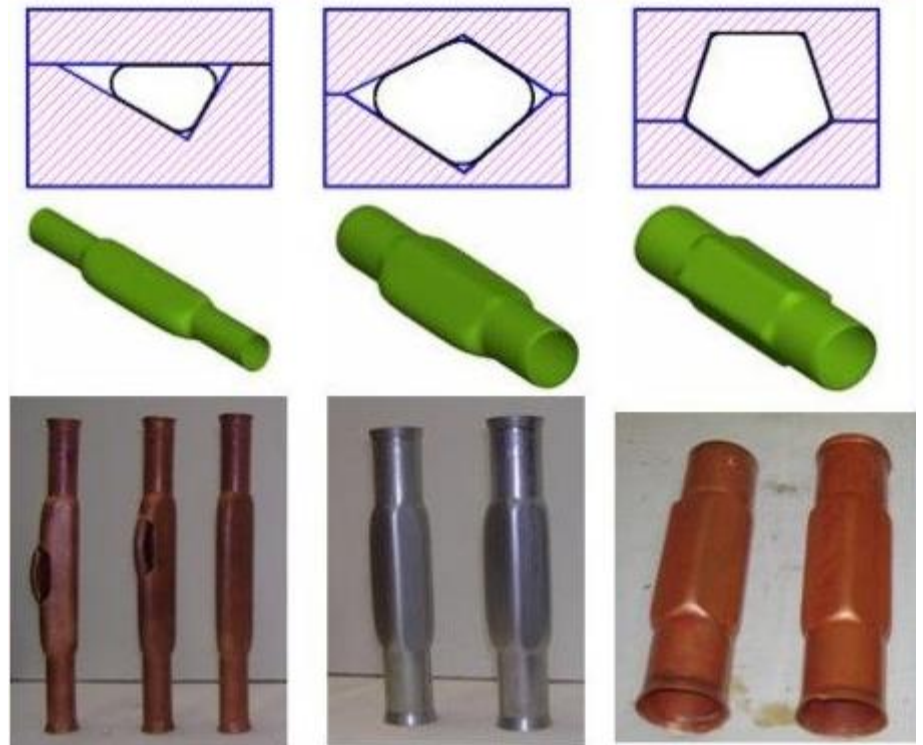
Slika 3.7 Prikaz oblikovanih aluminijskih cijevi [9]

## Načini oblikovanja cijevi

Najjeftiniji način oblikovanja cijevi je mehaničko formiranje. U ovom procesu alati za savijanje cijevi predviđeni su za obradu ravnih cijevi. Ti postupci imaju i svoja ograničenja.

Hydroformiranje koristi specijalne kalupe i pritisak fluida za formiranje metalnih cijevi u predviđene oblike. To se izvodi tako da se cijev umetne u kalup negativne forme cijevi. Nakon toga se pod visokim pritiskom upumpava fluid tako dugo dok cijev ne poprimi oblik kalupa.

Još precizniji način oblikovanja cijevi je airforming. Ima vrlo sličan princip djelovanja, samo se za formiranje umjesto tekućine koristi zrak. Airforming je nešto dugotrajniji proces ali dozvoljava uže tolerancije i veće promjene sirove cijevi u odnosu na hydroforming. To znači da je tim postupkom moguće napraviti okvire s najboljim omjerom čvrstoća/težina.



Slika 3.8 Prikaz različitih formi kalupa za hidroformiranje [10]

## 3.3. Karbonska vlakna

Nakon što je upotreba karbonskih vlakana učestala u sportskom biciklizmu, proizvođači nastoje izraditi što lakše i kruće okvire na biciklu, što ne bi bilo moguće odraditi s metalima. Karbonska vlakna nisu mnogo kompliciranija od metalnih cijevi.

Karbonska vlakna napravljena su od materijala polyacrylanitrile (PAN). Postoji više vrsta i oblika karbonskih vlakana u kojima se nalazi sirovi karbon a to je pletivo, ili vlaknasti list.

Karbon je samo pola priče, on je zapravo umočen u materijal sličan ljepilu nazvan epoxy. Epoxy ima dvije zadaće, da drži vlakna na mjestu i doda žilavost i trajnost. Neki proizvođači dodaju još dodatne elemente ili aditive



Slika 3.9 Sirovina za proizvodnju karbonskog pletiva [11]



u smolu kako bi dobili još neka dodatna svojstva, npr. mikroskopske gumene loptice koje poboljšavaju svojstva kompozita kod udaraca.

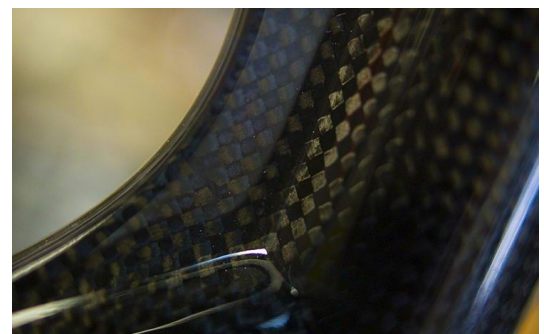
Za razliku od metala, krutost karbonskih vlakna je samo u smjeru vlakana, pa je svojstva okvira vrlo lako „složiti“ različitim usmjeravanjem vlakana i dodavanjem više slojeva na mjestima gdje je potrebna veća čvrstoća.

Klasični kockasti uzorak karbona uglavnom je vizualni, taj sloj karbona dodaje se na vrh, da okvir vizualno dobro izgleda i štiti strukturne dijelove od ogrebotina i udaraca(slika 3.10).



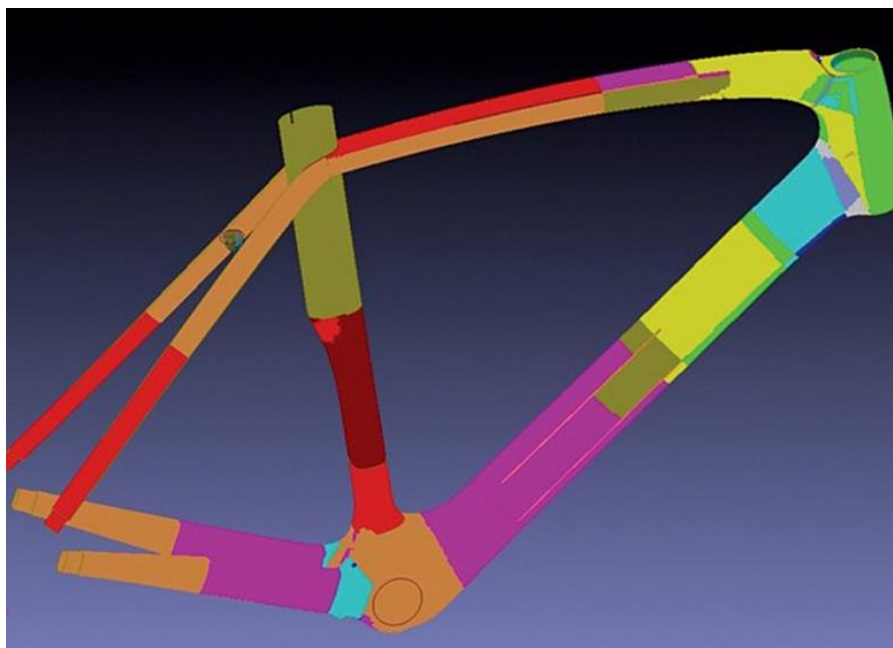
Slika 3.10 Uniform sloj karbona [11]

Svi karbonski okviri rađeni su ručno. Zasebni komadi karbona režu se iz većih listova karbona, uglavnom specializiranim CNC rezačima. Ti listovi karbona impregnirani su epoksi-em, a vlakna su im jednako usmjerena što ih čini snažnijima.



Slika 3.11 Izgled završnog sloja karbona [11]

Proizvodni procesi mnogo variraju od proizvođača do proizvođača, ali najčešće se okviri proizvode tako da se mali listovi i trake karbona rasporede u kalup i na čvrstu jezgru unutar kalupa.



Slika 3.12 Prikaz različitih debljina slojeva karbona u okviru bicikla [11]

Nakon što se svi dijelovi poslože u kalup, slijedi vakumiranje kalupa kako bi svi listovi karbona poprimili oblik okvira i time osigurali da nema viška epoksi smole. Nakon toga kalup se zagrijava da se epoksi stvrdne i dobiva se gotov okvir.



*Slika 3.13 Priprema slojeva karbona [11]*



*Slika 3.14 Ulaganje slojeva u kalup [11]*



*Slika 3.15 Zatvaranje kalupa [11]*

Nakon što prođe postupak stvrdnjavanja, rama se vadi iz kalupa i čisti. Nakon toga potrebno je detaljno pregledati ramu da li postoje neki nedostaci kao nabori u karbonu, ili točke gdje slojevi nisu glatko spojeni, što bi moglo uzrokovati pucanje rame.

### **3.4. Titan**

Od svih materijala koji se koriste pri izradi okvira bicikla, titanove legure su najskuplje. Titanove legure vrlo su čvrste i otporne na koroziju.

Mikrostruktura im se može mijenjati toplinskom obradom.

Postupci spajanja TIG zavarivanjem te lijepljenjem prikladni su za sve vrste titanovih legura. TIG zavarivanje posebno je prikladno za tanke materijale.

Završna obrada titanovih dijelova uglavnom je anodizacija, kako bi se zadržala mala masa.

Upotrebom titana moguće je proizvoditi okvire bicikla 50 % lakše nego primjenom čelika.



*Slika 3.16 Okvir bicikla izrađen od titana [12]*

### 3.5. Magnezij

Magnezij i njegove legure lagan su i čvrst materijal, s najmanjom gustoćom među svim tehničkim materijalima. Čisti magnezij rijetko se koristi za konstrukcijske svrhe zbog niske čvrstoće. Ima bolju specifičnu čvrstoću nego aluminij, ali je mnogo skuplji. Magnezij je zapaljiv, stoga njegova primjena zahtijeva posebne mjere zaštite. Oblikuju se lijevanjem, ekstrudiranjem i sl. Proces spajanja provodi se mehanički, MIG i TIG postupkom zavarivanja te lijepljenjem. Prednosti magnezijevih legura su mala masa, prigušenje vibracija, vrlo dobra livljivost, izvanredna rezljivost.

Nedostaci su slaba otpornost na koroziju (podložan oksidaciji), ima HCP strukturu sa strogo ograničenom mogućnosti hladnog deformiranja, te nizak modul elastičnosti.

U prošlosti se često primjenjivao za izradu dijelova bicikla, a u posljednje vrijeme zbog njegove male gustoće počeo se koristiti za izradu okvira. Ovakvi okviri imaju vrlo dobra svojstva prigušenja vibracija i dobru specifičnu čvrstoću, ali je zbog visoke cijene i zapaljivosti primjena magnezijevih legura ograničena.

### 3.6. Drvo

Drvo je prirodan, tehnički materijal koji je od davnina u ljudskoj primjeni. Zbog svoje niske gustoće i lake obradivosti često se primjenjuje u građevinarstvu, brodogradnji, proizvodnji vozila poljoprivredi, itd.

Drvo je recikličan, obnovljiv i biorazgradiv materijal koji, iako se želi zamijeniti polimerima i metalima i dalje ima široku primjenu.

Čvrstoća drva ovisi o smjeru vlakana i udjelu vlage. Opterećenjem u smjeru vlakana postiže se najviša, a okomito na smjer vlakana najniža čvrstoća.

Nedostatak drva je zapaljivost.

Drvo je nekada bilo najzastupljeniji materijal pri izradi bicikla. Prvi okviri bicikla izrađivali su se od drva sve do popularizacije čelika.

Danas se drveni okviri ne izrađuju često u masovnoj proizvodnji, međutim pojedini ljubitelji biciklizma i umjetnici skloni su ovakvim okvirima zbog unikatnosti, elegancije i ekološke svijesti. Nedostatak drvenih okvira bicikla, osim kompleksnije tehnologije izrade je i velika masa



Slika 3.17 Okvir bicikla izrađen od drva [22]

## 4. Obrada zadatka završnog rada

U zadatku završnog rada bit će obrađena tema konstruiranja i tehničke razrade električnog bicikla.

Prvi korak završnog rada je konstrukcija sastavnih elemenata bicikla u CAD programu Solidworks. Cilj je napraviti konstrukciju bicikla koja zadovoljava sve zahtjeve korisnika ali mora biti jednostavna za proizvodnju, da bi troškovi izrade male serije bicikla bili što niži. Zbog smanjenja mase konstrukcije okvira za izradu koristit će se aluminij.

Smjernice za konstrukciju bicikla:

- Maksimalna brzina 50 km/h
- Maksimalna snaga motora 3 kW
- Domet pri brzini 25 km/h do 100 km
- Domet pri max. brzini do 50 km
- Maksimalna težina 35 kg
- Dimenzija kotača 26“
- Maksimalna cijena 18000 kn
- Baterija i elektronika ukomponirana u okvir

Kako bi proizvodnja bila što jeftinija i jednostavnija, konstrukcija bicikla izvedena je iz lima pošto je to jedan od najlakših i najdostupnijih načina obrade metala.

Limeni dijelovi bili bi izrađeni izrezivanjem na CNC laserskoj rezačici i kasnije savijani u potrebni oblik na CNC savijačici.

Noseći dijelovi cijele konstrukcije bili bi izrađeno glodanjem iz sirovih komada aluminija.

U kompletnu razradu bicikla uključen je i izračun proizvodne cijene pojedinih dijelova.

## 5. Opis tehnoloških postupaka za izradu dijelova sklopa

U ovom dijelu završnog rada bit će opisani tehnološki postupci predviđeni za izradu dijelova sklopa električnog bicikla.

### 5.1. CAD/CAM Sustav

CAD je skraćenica od engleskog pojma Computer Aided Design, što u doslovnom prijevodu znači "Računalom podržano konstruiranje" i odnosi se na upotrebu računalnih sustava u smislu pomoći prilikom projektiranja, modeliranja, provođenja simulacija, izrade tehnoloških procesa i slično.

Prednosti CAD sustava su mnoge :

- Povećanje produktivnosti omogućeno je jednostavnim crtanjem mnogokuta, elipsa, višestrukih paralelnih linija i krivulja; svojstva kopiraj, rotiraj i zrcali ubrzavaju proces konstrukcije simetričnih dijelova.
- CAD je vrlo koristan kod ponavljajuće i brze dokumentacije proizvoda u jednom području veličina;
- čvrsta tijela izrađena u CAD programu moguće je prebaciti u program konačne analize elemenata, koji provjerava je li predviđena konstrukcija sposobna podnijeti zadana opterećenja;
- Uporabom CAD programa otklonjeno je vrijeme potrebno za ponovno crtanje i prepravljanje nacрта nakon što klijent odluči unijeti određene promjene na prvobitnom nacrtu;
- Uređivanje nacрта i kreiranje popisa elemenata sklopa brzo je i jednostavno korištenjem CAD programa.

CAM sustavi ili Computer Aided Manufacturing

Kao što i sama skraćenica kaže, služi kao programska podrška u proizvodnji, odnosno kontroli CNC strojeva, koji se koriste pri obradi i proizvodnji obradaka.

Korištenjem podataka o geometriji modela, dobivenih iz modela i nacрта kreiranih u CAD sustavu, CAM program generira putanju alata za računalne upravljače: tokarilice, glodalice, obradne centre, opreme za zavarivanje, preše i lasere.

Putanja se može uređivati i kombinirati s drugim putanjama alata gdje je to potrebno, te na taj način stvoriti kompletan program za stroj na kojem se vrši obrada ili izrada nacrtanog dijela.

Podaci dobiveni iz modela moraju se obraditi u postprocesoru, kako bi se dobio ispis programa za upravljačku jedinicu CNC stroja na kojem će se vršiti obrada [13].

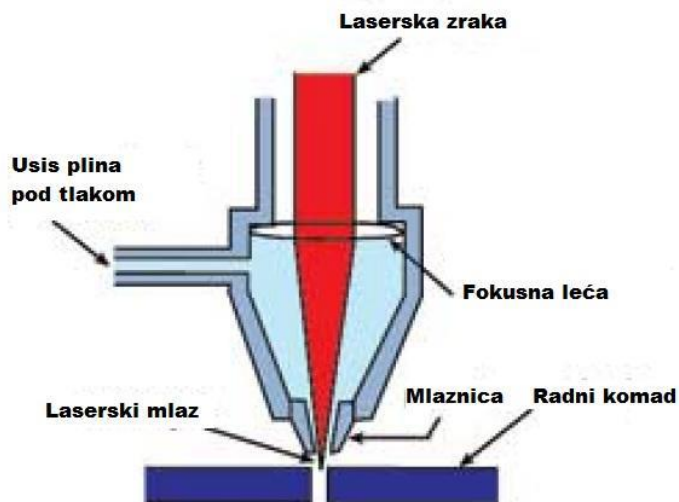
## 5.2. Lasersko rezanje metala

Lasersko rezanje metala je toplinski proces, u kojem je zarez formiran zagrijavanjem fokusiranom laserskom zraku, u kombinaciji sa strujanjem aktivnog ili inertnog plina. Fokusirana laserska zraka tali materijal, a mlaz plina pod tlakom otpuhuje rastaljeni materijal od zareza.

Industrijska proizvodnja bilježi porast primjene tehnologije rezanja laserom.

Glavne prednosti ove tehnologije su:

- Visoke gustoće snage odnosno mali unos topline;
- Uske zone utjecaja topline;
- Male deformacije radnog komada;
- Velike brzine rezanja;
- Visoke kvalitete reza;
- Visoka fleksibilnost.



Slika 5.1 Princip laserskog rezanja [14]

### 5.2.1. Lasersko rezanje taljenjem

Postupak laserskog rezanja taljenjem bazira se na taljenju materijala u zarezu laserskom zraku i ispuhivanju mlazom inertnog plina pod visokim tlakom.

Primjenjivo je kod svih metala, a posebno kod nehrđajućih čelika i drugih visoko legiranih čelika, aluminijskih i titan legura. Kvaliteta reza je velika, ali su brzine rezanja relativno male u usporedbi s postupcima rezanja s aktivnim plinom.

### 5.2.2. Lasersko rezanje kisikom

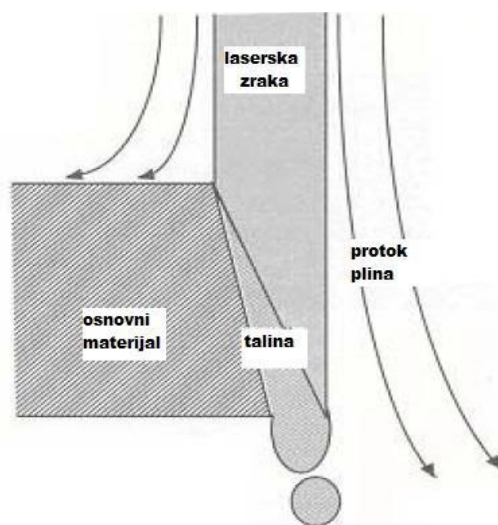
Kod laserskog rezanja kisikom fokusirana laserska zraka zagrijava materijal u oksidnoj atmosferi, te potiče egzotermnu oksidaciju materijala.

Primjenjivo je za ne legirane i nisko legirane čelike. Formiranjem oksidnog sloja u zoni reza smanjuje se viskoznost i površinska napetost taline, što pojednostavljuje njezino ispuhivanje.

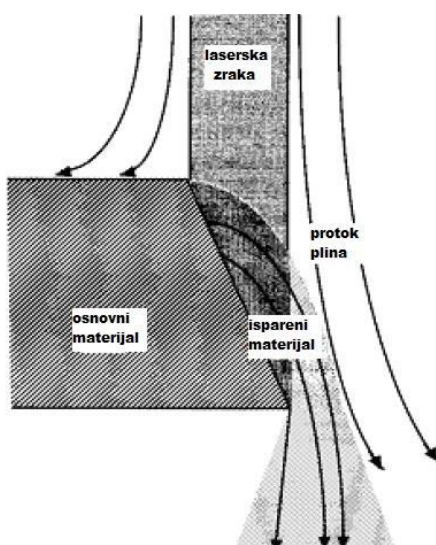
### 5.2.3. Lasersko rezanje isparavanjem

Za vrijeme laserskog rezanja isparavanjem, materijal se grije iznad temperature taljenja, te u konačnici isparava. Mlaz plina služi za ispuhivanje isparenog materijala iz zone rezanja, da se izbjegne kondenzacija materijala u formiranom rezu.

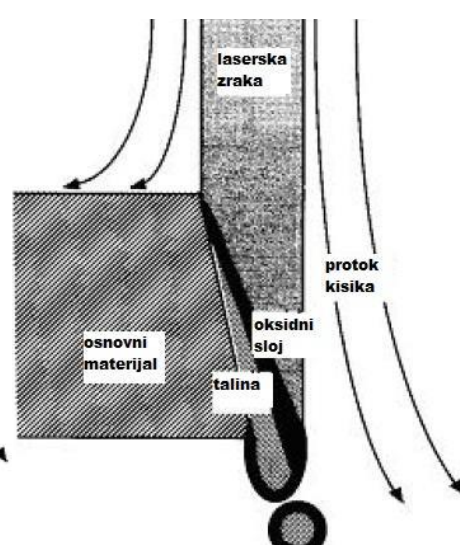
Tipični materijali koji se režu isparavanjem su akrili, polimeri, drvo, papir, koža i neke keramike. Za rezanje metala, lasersko rezanje isparavanjem je najsporija metoda između spomenutih, međutim prikladna je za precizne i komplicirane izratke.



Slika 5.2 Lasersko rezanje taljenjem [14]



Slika 5.3 Lasersko rezanje  
Isparavanjem [14]



Slika 5.4 Lasersko rezanje kisikom  
[14]

Varijabilni parametri prilikom laserskog rezanja su kontinuirani ili impulсни režim rada, žarišna duljina, položaj žarišta u odnosu na površinu radnog komada, brzina rezanja i plinovi za rezanje [14].

### 5.3. Strojna obrada odvajanjem čestica

Obrada odvajanjem čestica je sustav koji se sastoji od tri neophodna elementa: obradka, alata i alatnog stroja.

Alatni stroj ima zadatak kvalitetnog prihvata alata te omogućiti točna gibanja, kako bi se obradak izradio u odgovarajućoj kvaliteti.

Glavne prednosti postupaka obrade odvajanjem čestica su postizanje točnosti, uskih tolerancija i dobre kvalitete obrađene površine.

Najbolji je to način obrade za formiranje oštih rubova, ravnih površina, te unutarnjih i vanjskih profila, a tehnologija je primjenjiva kod gotovo svih poznatih materijala.

Nedostaci postupaka obrade odvajanjem čestica su:

- . generiranje odvojene čestice,
- za obradu jednog komada ponekad je potrebno upotrijebiti više strojeva i više različitih postupaka obrade odvajanjem,
- alatni strojevi zahtijevaju veliki prostor,
- mikroklima je pod jakim utjecajem obradnih procesa,
- veliki udio pomoćnih i pripremnih vremena [15].

## 5.4. Tokarenje

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i ne okruglih) površina, ali je isto tako i moguća obrada ravnih površina, pa i nekih drugih oblika ako su slični rotacijskim tijelima. Izvodi se na alatnim strojevima, tokarilicama.

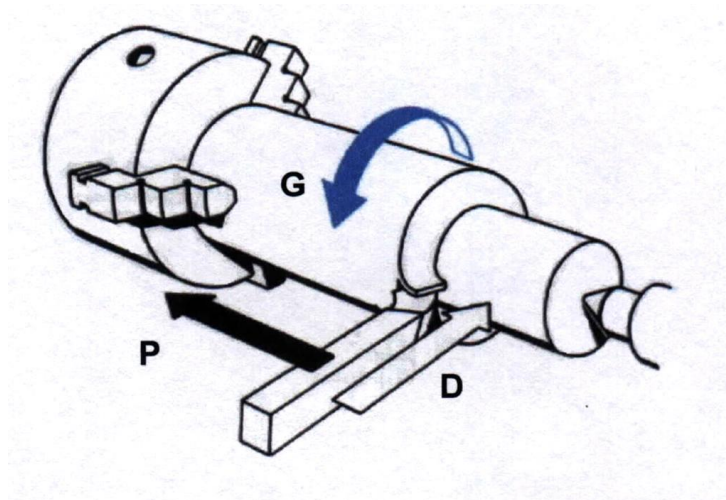
Postupci tokarenja mogu se podijeliti na osnovi više kriterija podjele [3]:

1. Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine: Grubo; Završno; Fino
2. Prema kinematici postupka: Uzdužno; Poprečno
3. Prema položaju obrađene površine: Unutarnje; Vanjsko
4. Prema obliku obrađene površine: Okretno Plansko (poprečno); Profilno Konusno; Oblikovno (kopirno); Tokarenje navoja; Ne okruglo

Prema kinematici rada i odnosa između alata i obratka uglavnom su prisutna 3 gibanja:

- glavno gibanje,
- posmično gibanje i
- dostavno gibanje.





*Slika 5.5 Prikaz gibanja kod tokarenja [15]*

Glavno gibanje (G) - izvodi se brzinom  $v_c$  i njome se vrši odvajanje čestica s materijala, pri čemu se troši najveći dio snage na alatnom stroju. Gibanje je kružno ili pravolinijsko, kontinuirano ili diskontinuirano, te ga izvodi obradak.

Posmično gibanje (P) - izvodi se brzinom  $v_f$  i služi za održavanje kontakta između alata i obradka, pri čemu se troši jako malo energije u procesu obrade. Ovo gibanje ujedno daje i kontinuitet obrade. Gibanje je kružno ili pravolinijsko, kontinuirano ili diskontinuirano, te ga izvodi alat.

Dostavno gibanje (D) - primak i odmak alata. Dostavno gibanje je potrebno za dovođenje alata i obratka u zahvat, zauzimanje dubine rezanja, te povrat alata nakon obavljene obrade.

### **Alati za tokarenje**

Prema postupcima tokarenja potrebno je koristiti adekvatne tokarske noževe. To su alati sa definiranom geometrijom reznog dijela. Danas se za izradu tokarskog noža koriste brzorezni čelik, tvrdi metal, cermet, keramika, CBN i dijamant.

Osnovni elementi alata za tokarenje, odnosno tokarskog noža su drška i rezni dio.

Drška služi za prihvat alata na alatnom stroju i za prijenos sila (otpora) rezanja.

Osnova alata je površina koja osigurava pravilan prihvat alata na stroj.

Rezni dio alata obavlja proces obrade tj. odvajanje čestica.

### **Parametri obrade**

Kod postupaka obrade materijala tokarenjem potrebno je definirati parametre rezanja; dubinu rezanja, posmak i brzinu rezanja.

Pri odabiru parametara obrade bitno je definirati i vrste obrade na temelju tražene hrapavosti završne površine i dodataka za obradu, tako da razlikujemo grubu obradu, srednju obradu i završnu (finu) obradu.

## 5.5. Glodanje

Nakon tokarenja glodanje je najvažniji i najzastupljeniji postupak obrade odvajanjem čestica. To je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem), kojim je moguće obraditi gotovo sve vrste i oblike površina. Izvodi se na alatnim strojevima, glodalicama.

Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije reznog dijela s više glavnih reznih oštrica, koje se nalaze na zubima glodala. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obradkom i izlaze iz njega tako da je istodobno u zahvatu samo nekoliko reznih oštrica.

Podjela postupaka glodanja

Postupci obrade odvajanjem čestica glodanjem mogu se podijeliti prema nekoliko različitih kriterija kao što su podjele [6]:

1. Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine: Grubo glodanje; Završno glodanje; Fino glodanje
2. Prema kinematici postupka: Istosmjerno; Protusmjerno
3. Prema položaju reznih oštrica na glodalu: Obodno; Čeono
4. Prema obliku obrađene površine: Ravno; Okretno; Profilno; Odvalno; Oblikovno

Obodno glodanje

Istosmjerno

Rotacija alata (glavno gibanje) je u istom smjeru kao smjer posmaka u točki dodira. Odvojena čestica stvara se od većeg prema najmanjem presjeku.

Protusmjerno

Rotacija alata (glavno gibanje) je u obrnutom smjeru od smjera posmaka. Strugotina se stvara od malog prema većem presjeku.

Parametri obrade

Prije bilo koje operacije obrade odvajanjem čestica, pa tako i glodanja, potrebno je znati kakva je vrsta obrade, koji alat koristiti, kolika je brzina rezanja, dubina i posmak, te da li je potrebno koristiti sredstvo za hlađenje i podmazivanje [15].

## 5.6. TIG zavarivanje (Tungsten inert gas).

Postupak se temelji na uspostavljanju i održavanju električnog luka između volframove netaljive elektrode i radnog komada uz zaštitu neutralnog ili inertnog plina, odnosno odgovarajuće mješavine plinova.

Mali intenzivan električni luk, nastao iz usmjerene elektrode, idealan je za visoko kvalitetno i precizno zavarivanje.

Toplina električnog luka tali i spaja rubne dijelove osnovnog metala, a ako je potrebno, sa strane se dovodi i dodatni materijal.

Postupak se može izvesti u bilo kojem radnom položaju i na radne komade debljine manje od milimetra.

Za zavarivanje aluminija, magnezija i njihovih legura koristi se izmjenična struja, a za ostale metale koristi se istosmjerna struja s minus polom na elektrodi.

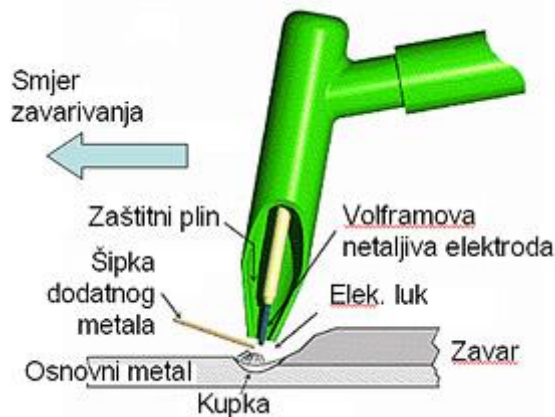
Kao zaštitni plin koristi se argon ili helij, koji ima svrhu stvoriti zaštitnu atmosferu, koja se može što lakše ionizirati i štiti vrh elektrode i talinu od kontaminacije kisikom i drugim plinovima iz okoline.

### **Prednosti:**

- luk je vrlo stabilan (osigurava visokokvalitetno zavarivanje),
- zavareni spojevi su homogeni, dobre estetike i dobrih mehaničkih svojstava,
- koristi se za zahtjevne materijale (nehrđajući čelici, Al, Ti, Cu, itd),
- zavarivanje daje najkvalitetniji zavar.

### **Nedostaci:**

- mala brzina zavarivanja (10 – 15 cm u min),
- ograničeno na tanke materijale (do 6 mm),
- oprema je vrlo skupa,
- skup je plin (argon),
- skup je wolfram,
- radi oksidacije je nužna sekundarna zaštita [16].



Slika 5.6 Princip TIG zavarivanja [16]

## 5.7. MIG / MAG Zavarivanje

Električni se luk, kod zavarivanja s taljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi, uspostavlja i održava između vrha taljive metalne elektrode, odnosno žice i zavarenog metala.

Električni luk stvara potrebnu toplinu i osigurava taljenje dodatnog metala i spajanih rubova osnovnog metala u okruženju zaštitnog plina

Kad se kao zaštitni plinovi koriste neutralni ili inertni plinovi, npr. argon, helij ili mješavina plinova, onda se ovaj postupak naziva **MIG** (Metal Inert Gas).

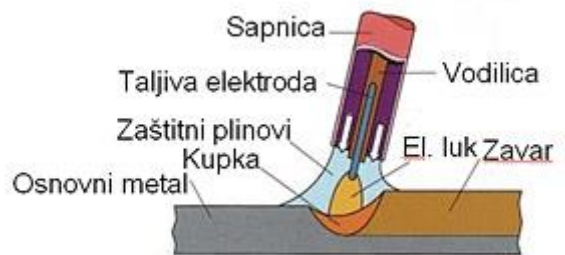
Kada se kao zaštitni plin koriste aktivni plinovi, najčešće **CO<sub>2</sub>** i njegove mješavine s drugim plinovima, onda se postupak naziva **MAG** (Metal Active Gas).

Metalna elektroda u obliku žice namotane na kolut potiskuje se pomoću potisnog mehanizma kroz pištolj za zavarivanje do mjesta taljenja, gdje se u električnom luku tali i prenosi u rastaljeni metal. Inertni plin štiti talinu od štetnog utjecaja kisika i dušika iz zraka.

Vođenje i upravljanje zavarivačkog pištolja je ručno ali može biti potpuno i automatizirano.

Promjeri žica i parametri zavarivanja MIG ili MAG postupkom odabiru se prema debljini zavarenih izradaka i položaju zavarivanja.

Ovaj postupak se najčešće koristi za zavarivanje obojenih metala, visokolegiranih čelika i drugih metala koji se rado vežu s kisikom, kao i zavarivanje tankih limova.



Slika 5.7 Princip MIG/MAG zavarivanja [16]

### **Prednosti MIG/MAG postupka:**

- brzine zavarivanja (do 1 m/min),
- mogu se zavarivati tanki, srednji i debeli komadi,
- upotrebljivo za sve vrste metala,
- moguće zavarivanje u svim položajima zavarivanja,
- postupak se može automatizirati i robotizirati.

### **Nedostaci MIG/MAG postupka**

- skupa oprema,
- velika pozornost oko zaštite zbog plina,
- treba se zavarivati sa 2 ruke,
- opasnost od naljepljivanja [16].

## 5.8. Savijanje lima

Savijanje spada u grupu postupaka oblikovanja deformiranjem koji se najčešće primjenjuju. Pretežno se postupci savijanja obavljaju u hladnom stanju, no debeli limovi savijaju se u toplom stanju.

Za vrijeme savijanja lim je podvrgnut elastičnim i plastičnim naprezanjima, pa se zbog toga, kada prestanu djelovati vanjske sile, savijen obradak, zbog prisustva elastičnih naprezanja malo povrti i otvori.

Karakteristika procesa savijanja lima je u većini slučajeva lokalno plastično deformiranje. Zona deformiranja tada obuhvaća manji dio volumena lima, mada ima postupaka gdje se deformira kompletni lim (volumen).

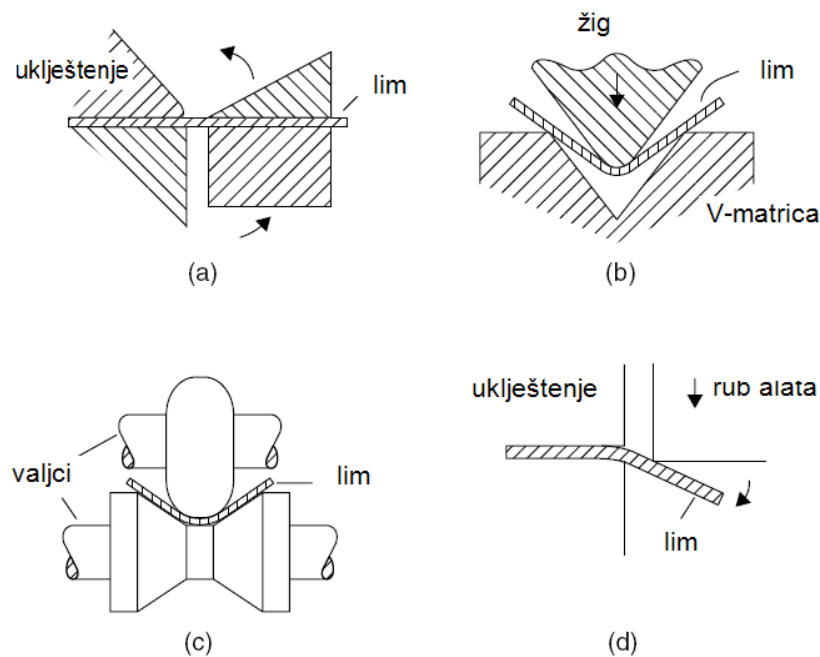
Neki od postupaka savijanja prikazani na slici 5.8 su:

preklapalica a),

savijanje na prešama pod b),

profilno savijanje pomoću valjaka pod c)

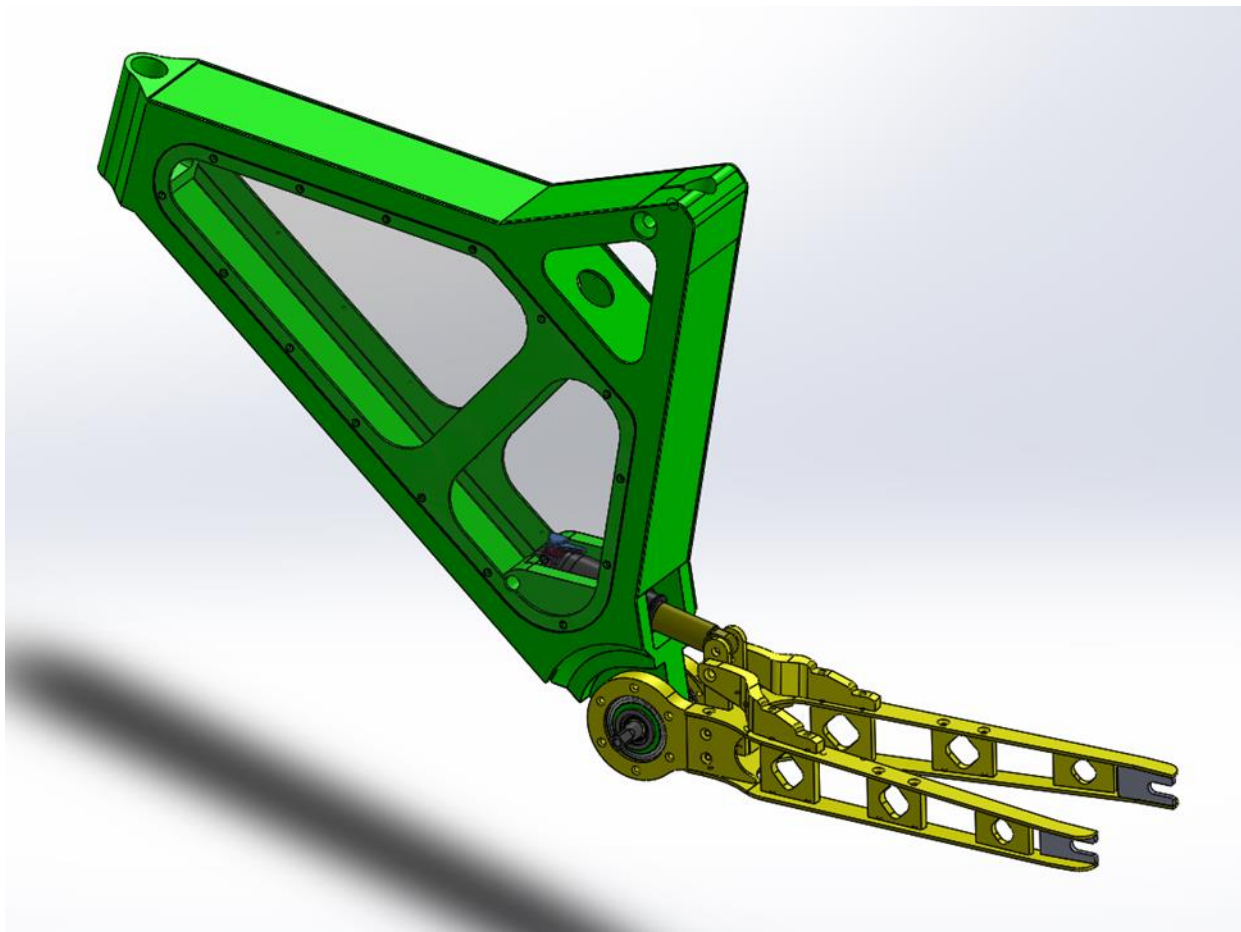
savijanje sa rubom alata pod d) [17].



Slika 5.8 Prikaz različitih postupaka savijanja lima [17]

## 6. Konstruiranje i tehnologija izrade sklopa okvira bicikla

Proces izrade bicikla počinje nakon konstruiranja geometrije bicikla.



*Slika 6.1 Prikaz konstruiranog CAD modela okvira električnog bicikla*

Proces konstruiranja i izrade bicikla ključni su faktori kojima se određuje funkcionalnost bicikla, zato se pri konstruiranju i izradi uzimaju u obzir sljedeći elementi:

- Čvrstoća
- Izdržljivost
- Aerodinamičnost
- Masa
- Veličina
- Stabilnost
- Učinkovitost
- Cijena
- Udobnost

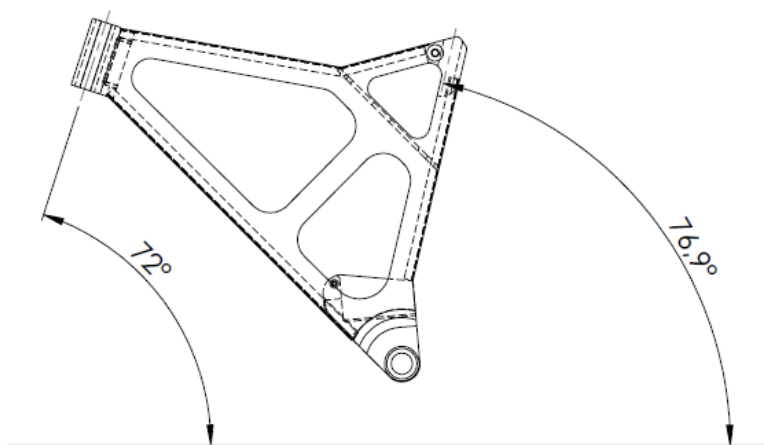
Svaki od navedenih elemenata je jednako bitan, no kod nekih primjena pojedini elementi imaju prednost nad ostalim.

Pri samom konstruiranju okvira bicikla treba uzeti u obzir mnogo čimbenika koji utječu na odabir dimenzija okvira.

Odabir kutova utječe na stabilnost, aerodinamiku, veličinu, udobnost i učinkovitost okvira.

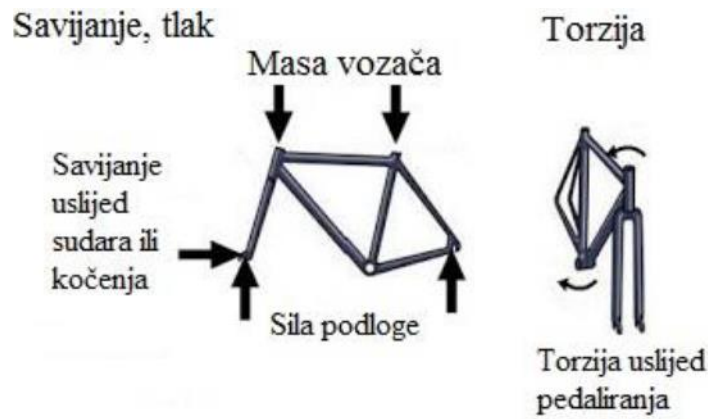
Uobičajeni kut cijevi volana i cijevi sjedala u odnosu na pod je  $74^\circ$ . Međutim, kut se može mijenjati ovisno o veličini okvira. Kut cijevi sjedala utječe na udobnost i učinkovitost vožnje. Smanjenjem kuta povećava se udobnost vožnje, dok se povećanjem kuta do  $90^\circ$  povećava učinkovitost vožnje, te se okvir s kutom cijevi sjedala  $90^\circ$  smatra „agresivnijim“. Razlog zašto je okvir s kutom  $90^\circ$  agresivniji je položaj vozača iznad pedala, koji mu omogućuje da djeluje većom silom na pedale te proizvodi veću snagu.

Kut cijevi volana utječe na udobnost i okretnost sistema upravljanja. Sa smanjenjem kuta povećava se udobnost vožnje, dok se s povećanjem kuta povećava okretnost volana i smanjuje udobnost. Osim kutova, na udobnost okvira utječe i duljina uporna lanca. S porastom duljine okvir je stabilniji uz smanjenje okretnosti.



Slika 6.2 Prikaz kutova cijevi volana i cijevi sjedala

Kako bi konstrukcija bila dobro dimenzionirana, potrebno je prepoznati moguća naprezanja pri korištenju bicikla. U stacionarnim uvjetima, tj. bez kretanja bicikla, vozač svojom masom radi opterećenje na cijev sjedala i volana, dok podloga djeluje suprotnom silom jednakog iznosa. U dinamičkim uvjetima, tj. tijekom vožnje, dolazi do pojave torzije uslijed pedaliranja, te savijanja uslijed kočenja ili sudara. Osim kočenja, upravljanje i vibracije uzrokuju pojavu promjenjivih sila koje okvir mora apsorbirati. Zbog djelovanja sila i momenta dolazi do naprezanja. Javlja se tlačno naprezanje u cijevi sjedala, gornjoj cijevi, cijevi volana i potpornjima sjedala, dok se vlačno naprezanje pojavljuje u donjoj cijevi i potpornjima lanca, slika 6.3.



Slika 6.3 Prikaz sila koje djeluju na različite dijelove okvira bicikla[18]

Okvir se mora konstruirati tako da izdrži djelovanje ovih sila i momenata. Međutim, izazov je konstruirati okvir s optimalnim mehaničkim svojstvima i što manjom masom. S obzirom da je trend u industriji bicikla smanjenje mase, koriste se tanje stijenke cijevi. Smanjenje debljine stijenke cijevi uzrokuje pad mehaničkih svojstava, što može rezultirati lomovima uslijed djelovanja asimetričnih i promjenjivih sila, koje se često zanemaruju pri konstruiranju. Stoga se u posljednje vrijeme posebna pažnja pridaje tim silama. Optimalan okvir bicikla trebao bi biti dovoljno fleksibilan zbog prigušenja vibracija, ali i dovoljno krut.

Krutost se osigurava korištenjem cijevi većeg promjera, dok primjenom tanjih stijenki cijevi učinkovito se smanjuje masa. Također, na krutost utječu duljina i promjer cijevi volana. S povećanjem cijevi volana upravljanje je stabilnije, dok se povećanjem promjera cijevi volana povećava i krutost.

Smanjenje mase nije jedini izazov pri konstruiranju, jer je udobnost pri vožnji vrlo bitan element. S obzirom da biciklisti provode i do nekoliko sati dnevno biciklirajući, položaj tijela, ruku i nogu ključan je za dobru kontrolu i udobnost pri vožnji biciklista. Udaljenost šupljine pogonske osovine od podloge utječe na udobnost (što je bliže podlozi veća je udobnost vožnje). Međutim, treba biti dovoljno visoko da pedale ne dodiruju podlogu.

Duljina gornje cijevi određuje se prema dužini torza i ruku vozača, a promjena u duljini utječe na upravljivost bicikla [18].



## 6.1. Razrada tehnologije izrade okvira bicikla

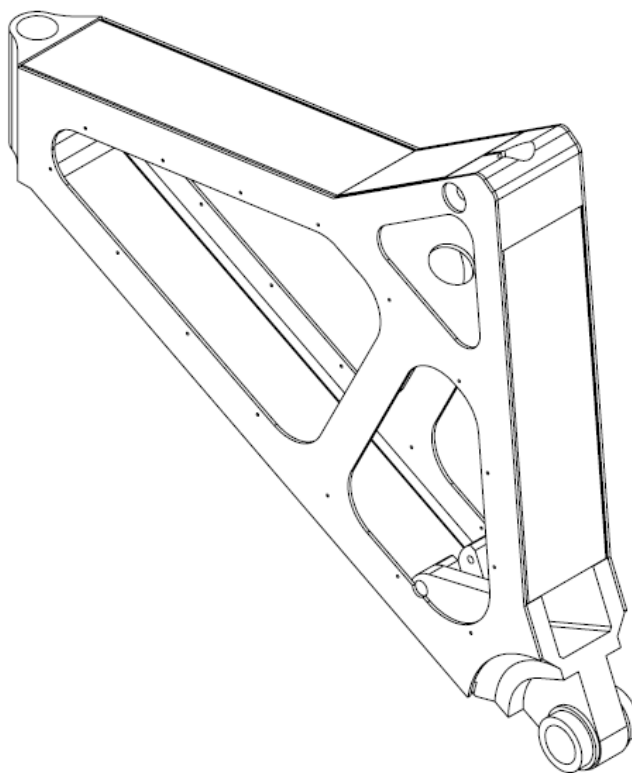
Okvir je zamišljen da bude izrađen iz limenih dijelova spojenim sa pozicijama koje su izrađene glodanjem na važnim mjestima bicikla (headtube, seatpost, bottom bracket). Limeni dijelovi bili bi izrađeni izrezivanjem na CNC laserskoj rezačici i kasnije savijani u potrebni oblik na CNC savijačici.

Noseći dijelovi cijele konstrukcije bili bi izrađeno glodanjem iz sirovih komada aluminija.

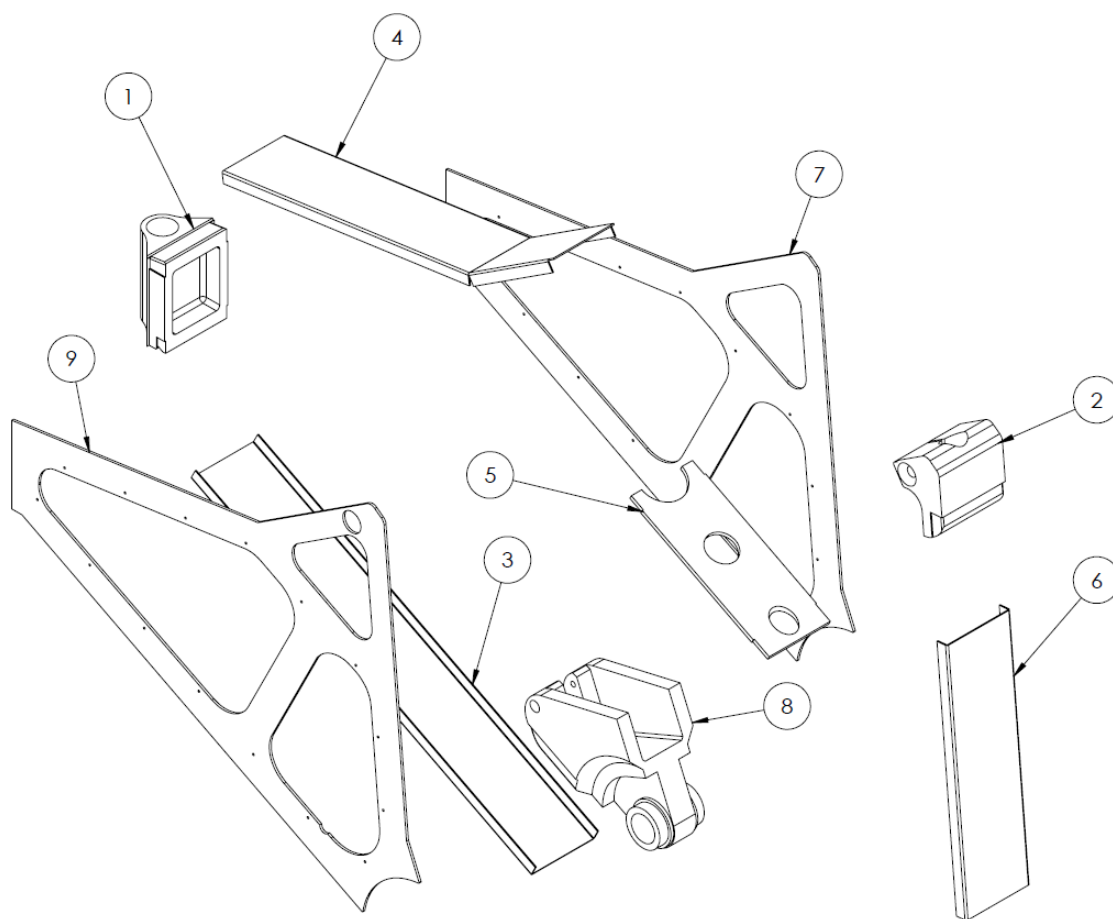
Sklop okvira sastoji se od ukupno od 9 različitih dijelova.

Za materijal izrade odabran je aluminij zbog njegove male specifične težine i odgovarajućih svojstava.

Način spajanja je zavarivanje i to postupcima TIG i MIG, kao najpovoljniji i najbrži način spajanja komponenti.



*Slika 6.4 Izgled sklopljenog okvira*



*Slika 6.5 Izgled rastavljenih komponenti okvira bicikla*

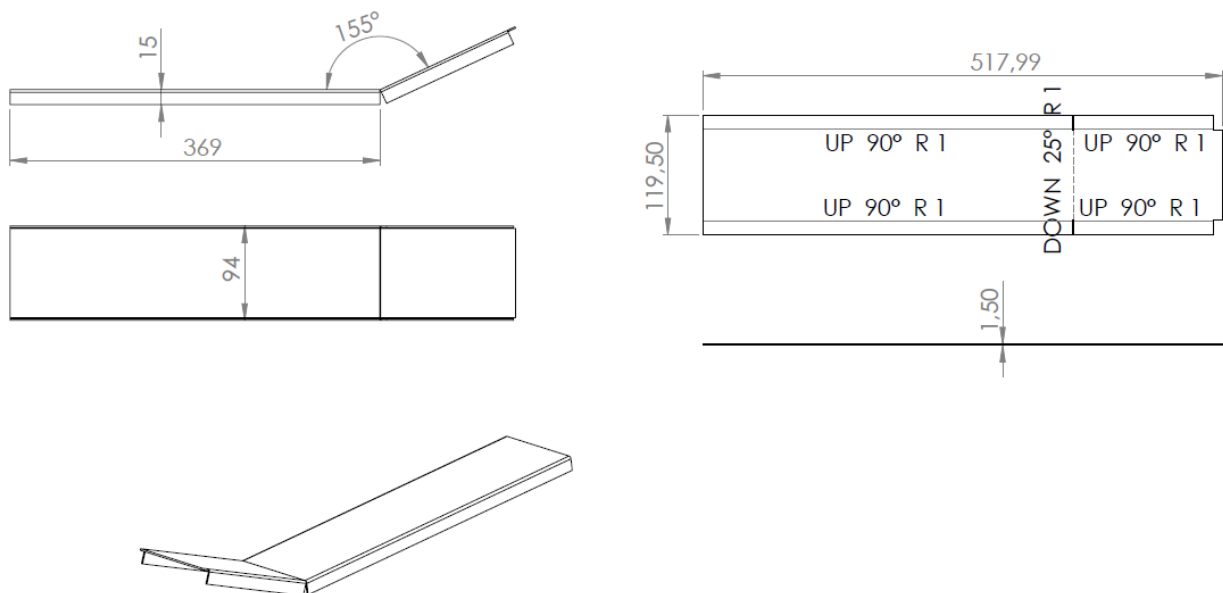
### 6.1.1. Postupak CNC laserskog rezanja

Dijelovi koji se režu na laseru mogu se podijeliti u više grupa, prema debljini lima iz kojeg se izrađuju:

Pozicije na slici 6.5 označene brojem 3,4,6 režu se iz aluminijskog lima debljine 1.5 mm, a pozicije označene brojem 5,7 i 9 režu se iz aluminijskog lima debljine 3 mm.

Pozicije na slici 6.5 označene brojem 1,2,8 izrađene su glodanjem iz aluminijskih sirovaca.

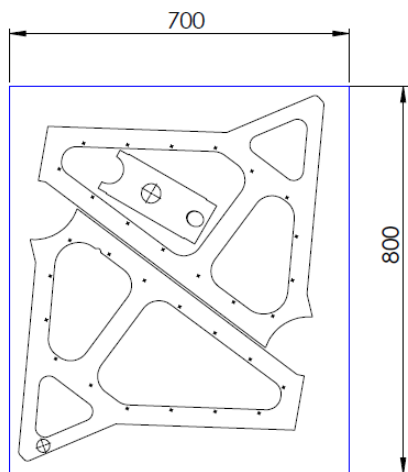
Prvi korak kod laserskog rezanja pozicija je izrada razvijenih oblika lima i dxf datoteke, koja se ubacuje u CAM software, koji raspoznaje dimenzije prema datoteci i izrađuje program za CNC lasersku rezačicu.



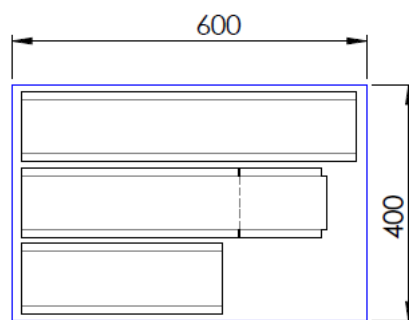
Slika 6.6 Primjer razvijenog oblika lima dijela okvira

Na slici 6.6 lijevo prikazan je oblik mjere gotovog komada, a desno razvijeni oblik za rezanje sa oznakama mjesta i kutovima savijanja.

Kako bi se uštedilo što više materijala, najbolje je grupirati sve pozicije iste debljine lima na optimalnu veličinu ploče lima. Što se tiče veličine ploča, postoji nekoliko standardnih formata koji su: 1000 x 2000, 1250 x 2500, 1500 x 3000 i 2000 x 6000 mm



Slika 6.7 Nesting 3 mm pozicija



Slika 6.8 Nesting 1.5 mm pozicija

Slike 6.7 i 6.8 prikazuju koliko je približno potrebno lima, da bi se na CNC laserskoj rezačici izrezale potrebne pozicije. Izračun troškova laserskog rezanja pozicija svodi se na omjer strojnog vremena i pripreme. Strojno vrijeme ovisi o količini rezanja, tj. putu koji laserska zraka mora izrezati i brzini kojom se može rezati. Brzina rezanja ovisi o vrsti materijala, potrebnoj kvaliteti reza i debljini lima kojeg je potrebno izrezati.

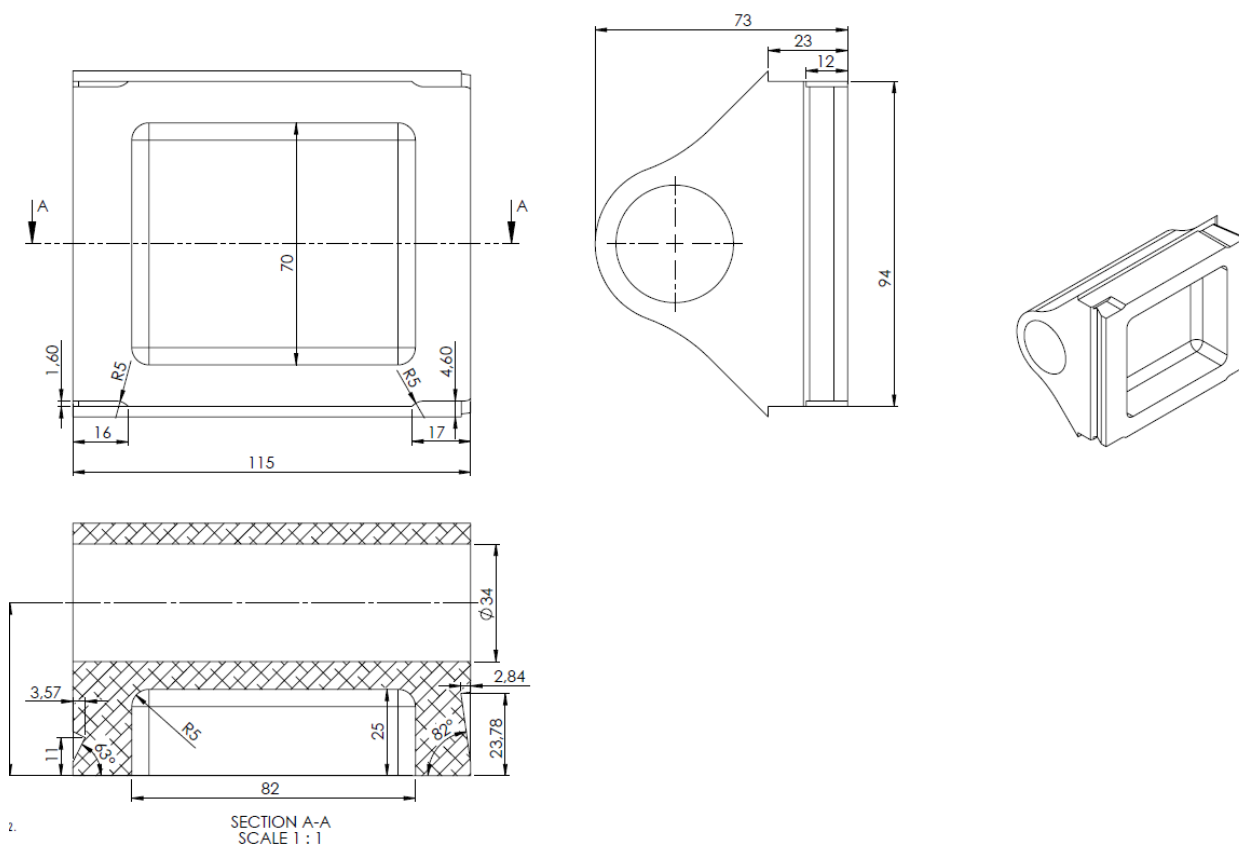
Tablica 6.1 Izračun troškova rezanja za pozicije sa slike 6.8

Kalkulacija laserskog rezanja pozicija iz Al. Lima 1.5 mm						
Troškovi (po min):		0,60 €				
Materijal:			Cijena materijala [€]			
Al lim 3 mm 800x700 mm			5,04 €			
Izračun materijala						
	Širina (mm)	Duljina (mm)	Debljina (mm)	Težina (kg)	Cijena:	
Dimenzije	600	400	1,5	1,008	5,04 €	
Opis	Pripremno vrijeme	Strojno vrijeme	Vrijeme radnika			
Troškovi materijala + 20%	0	0	0			6,05 €
Priprema dokumenata za radni nalog	20	0	0		12,00 €	0,00 €
Priprema materijala prema listi komada	20	0	0		12,00 €	0,00 €
Priprema mjernih i ispitnih sredstava	15	0	0		9,00 €	0,00 €
Priprema alata i naprava	0	0	0		0,00 €	0,00 €
Priprema stroja i uhodavanje (za seriju)	30	0	0		18,00 €	0,00 €
CNC - obrada laserskim rezanjem	0	1	0		0,00 €	2,22 €
QS - provjera početnog komada	15	0	0		9,00 €	0,00 €
Ručni rad	15	1	0		9,00 €	0,60 €
Pakiranje	15	0,5	0		9,00 €	0,30 €
Skladistenje u skladiste gotovih proizvoda	15	1	0		9,00 €	0,60 €
					<b>Ukupno</b>	<b>87,00 €</b>
						<b>9,77 €</b>
		Broj komada	Cijena	Gubitak / dobitak	Potrebna cijena proizvoda	Gubitak / dobitak na broj komada
		1	96,77 €	-78,30 €	18,47 €	-78,30 €
		10	18,47 €	0,00 €	18,47 €	0,02 €
		50	11,51 €	6,96 €	18,47 €	348,10 €
		100	10,64 €	7,83 €	18,47 €	783,20 €

Na bazi ove kalkulacije bit će proračunate sve ostale pozicije, koje idu na rezanje iz ovog sklopa. Za kalkulacijsku količinu uzima se 10 kom, kako bi se smanjio utjecaj troškova pripreme proizvodnje na krajnju cijenu komada.

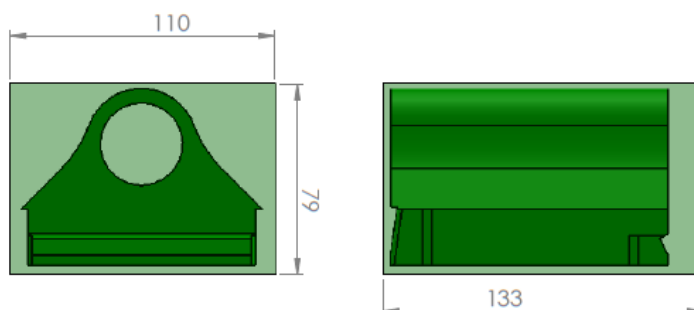
### 6.1.2. Primjer razrade pozicije za glodanje

Za primjer razrade odabrana je pozicija pod nazivom „Nosac vilice“, isječak iz nacрта pozicije prikazan na slici 6.9.



Slika 6.9 Nacrt pozicije za Nosac vilice

Prvi korak kod glodanja je odabir načina stezanja. Nakon odabira načina stezanja određuje se optimalan sirovac iz kojeg je moguće izraditi poziciju. Optimalan sirovac za ovu poziciju je 110x79x133 mm prikazan na slici 6.10.



Slika 6.10 Prikaz optimalnog sirovca za obradu



Alat T3 - svrdlo sa izmjenjivim pločicama.

Artikl: 231610 promjer 34 mm

Tablica 6.4 Geometrija za alat T3 [19]



Ø D mm	JIS 23 1600			JIS 23 1605			JIS 23 1610			Ø područja D mm	23 1600 mm	23 1605 mm	23 1610 mm	Ø D <sub>1</sub> mm	L <sub>1</sub> mm	Pritezni vijak
	HiPer-Drill osnovni element															
	1,5×D			3×D			5×D									
34	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	34 - 34,99	53	105	175	32	60	231999_20IP1 (7,5 Nm)
35	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	35 - 35,99	54	106	180	32	60	231999_20IP1 (7,5 Nm)
36	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	36 - 36,99	56	111	185	32	60	231999_20IP1 (7,5 Nm)

Alat T4 - razvrtač promjera 34 mm.

Artikl: 164359 za razvrtnanje slijepih rupa

Tablica 6.: Geometrija za alat T4 [19]

**Izvedba prikladna za NC** s ravnom Ø drškom za standardizirani prihvata osobito u **hidrauličnim držačima** ili **vrlo preciznim držačima s čahurom**.

Na taj način postiže se **maksimalna preciznost rotacije** i **sigurnost procesa**.

Nije više potrebno kupovat posebne prihvate.

S unutarnjim dovodom rashladnog sredstva za uporabu u **HPC-u** radi smanjenja troškova proizvodnje.

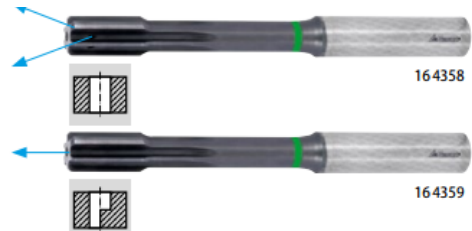
S kratkim užebljenjima i ravnim utorima.

**Razvrtači izbušeni za dosjed prema Vašim podacima.**

**Upotreba:**

164358 – Za **HPC- / HSC razvrtnanje prolaznih rupa**.

164359 – Za **HPC- / HSC razvrtnanje slijepih rupa**.




Primjena/ v <sub>c</sub> [m/min]	Alu	Alu	Alu	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	INOX	INOX	GG	GGG	Uni				
	unif. i mat.	10% Si	> 10% Si	< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 65 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	< 900 N	> 900 N					
ISO-kod	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	K	K				
164358/4359					45	45	35	35							40	30				
Nazivni Ø	16 4358			16 4359			Ø-područje		Broj oštrica Z		f		Ø bušenja							
	HSS razvrtač																			
	HPC prolazna rupa			HPC slijepa rupa																
mm	TiAlN			TiAlN			mm		mm		mm		mm							
34	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	33,21 - 34,2	139	139	200	8	8	25	0,45	-			
35	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	34,21 - 35,2	139	139	200	8	8	25	0,45	-			
36	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	35,21 - 36,2	139	139	200	8	8	25	0,45	-			

Alat T5 - kuglasto glodalo

Artikl: 207028 promjer 10 mm

Tablica 6.6 Geometrija za alat T5[19]



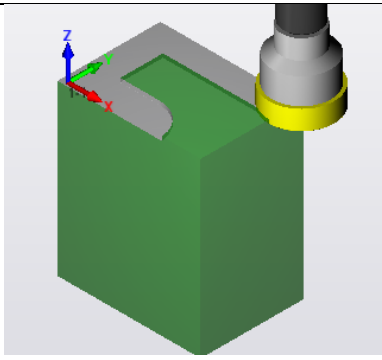
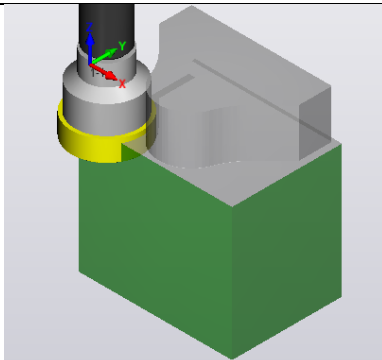
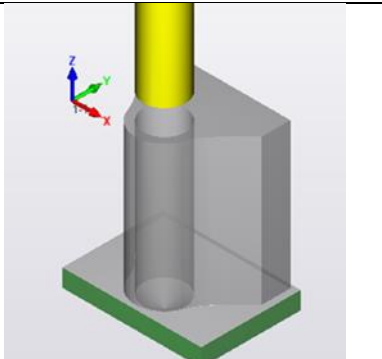
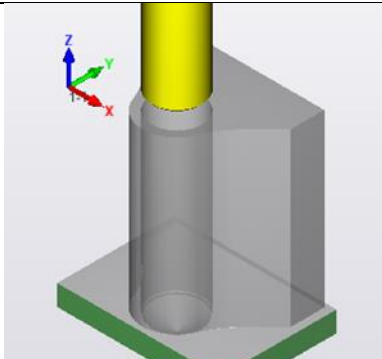
Primjena/ v <sub>c</sub> [m/min]	Alu umijetni mat.	Alu lijev > 10% Si	Alu lijev < 500 N	Alu lijev < 750 N	Alu lijev < 900 N	Alu lijev < 1100 N	Alu lijev < 1400 N	Alu lijev < 55 HRC	Alu lijev < 60 HRC	Alu lijev < 65 HRC	Alu lijev < 67 HRC	Alu lijev < 70 HRC	INOX < 900 N	INOX > 900 N	Ti > 850 N	Grafit GFK CFK	Uni	Alu	
ISO-kod	N	N	N	P	P	P	P	H	H	H	H	H	M	M	S	N			
207026	230	180	140																
207028	220	170	130																

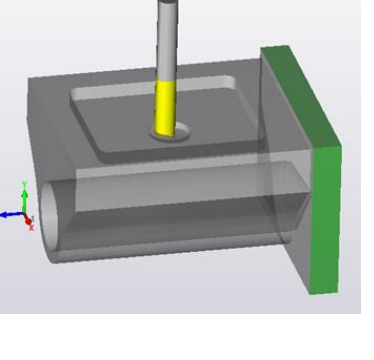
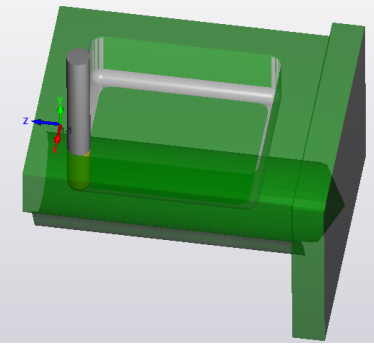
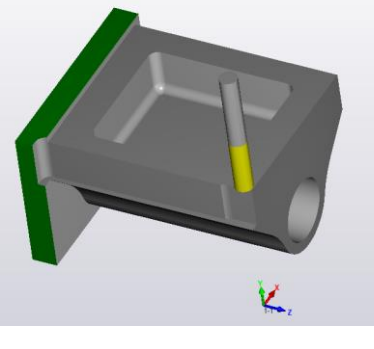
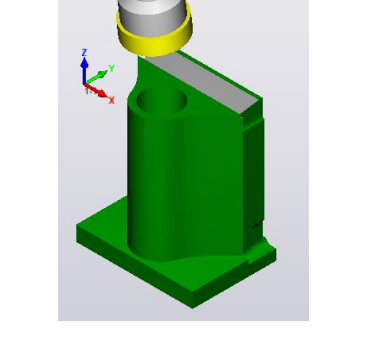
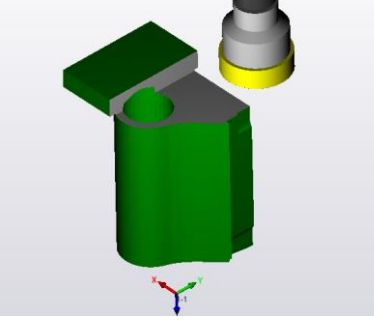
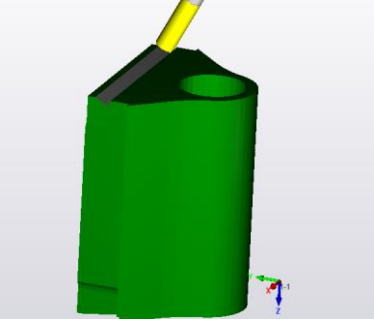
mm	VHM glodalo punog radijusa		L <sub>3</sub>		L <sub>4</sub>		Ø D <sub>4</sub>	L <sub>ukupno</sub>	f <sub>z</sub>
	207026	207028	207026	207028	207026	207028	207026	207028	mm
8	XXX	XXX	12	22	27	54	7,5	59	8
10	XXX	XXX	13	25	32	60	9,4	67	10
12	XXX	XXX	16	26	38	60	11,4	73	12

Nakon odabira alata dobro je napraviti simulaciju obrade komada, da se vide sve moguće greške u odabiru alata i da se vidi približno strojno vrijeme. U nastavku rada prikazan je primjer obrade jednog glodaćeg dijela u CAM programu SolidCAM.

Tablica 6.6 Prikaz koraka za izradu pozicije glodanjem

1. Alat: T1 Planska obrada sirovca Vrijeme: 00:44		2. Alat: T1 Obrada profila komada Vrijeme: 08:33	
3. Alat: T2 Bušenje rupe 34 mm Vrijeme: 12:33		4. Alat: T3 Razvrtavanje rupe 34 mm Vrijeme: 16:06	



<p>5. Alat: T4 Izrada džepa Vrijeme: 30:33</p>		<p>6. Alat: T5 Izrada radiusa R5 Vrijeme: 33:47</p>	
<p>7. Alat: T4 Izrada bočnih profila Vrijeme: 36:17</p>		<p>8. Alat: T1 Izrada kosine Vrijeme: 37:12</p>	
<p>9. Alat: T1 Planska obrada drugo stezanje Vrijeme: 38:21</p>		<p>10. Alat: T4 Izrada kosine Vrijeme: 39:00</p>	

Izračun troškova glodanja pozicija svodi se na omjer strojnog vremena i pripreme. Negativna strana strojne obrade je da zahtijeva relativno dugotrajnu pripremu. Potrebno je pripremiti napravu za stezanje i pozicioniranje komada na stroju. Također je potrebno pripremiti alate za obradu kao i napisati program za CNC obradni stroj, što je zahtjevan i dugotrajan proces. Strojno vrijeme ovisi o količini materijala kojeg treba odvojiti, vrsti materijala, vrsti pozicije i načinu stezanja komada.

Tablica 6.7 Izračun troškova glodanja za poziciju sa slike 6.9

Kalkulacija obrade pozicije glodanjem						
Troškovi (po min):	0,60 €					
Materijal:			Cijena materijala [€]			
Al sirovac 133x110x79 mm			16,18 €			
	Izračun materijala					
	Širina (mm)	Duljina (mm)	Debljina (mm)	Težina (kg)	Cijena:	
	Dimenzije	133	110	79	3,236156	16,18 €
Opis	Pripremno vrijeme	Strojno vrijeme	Vrijeme radnika			
Troškovi materijala + 20%	0	0	0			19,42 €
Priprema dokumenata za radni nalog	20	0	0		12,00 €	0,00 €
Priprema materijala prema listi komada	20	0	0		12,00 €	0,00 €
Priprema mjernih i ispitnih sredstava	20	0	0		12,00 €	0,00 €
Priprema alata i naprava	30	0	0		18,00 €	0,00 €
Priprema stroja i uhodavanje (za seriju)	240	0	0		144,00 €	0,00 €
CNC - obrada laserskim rezanjem	0	39	0		0,00 €	23,40 €
QS - provjera pocetnog komada	15	0	0		9,00 €	0,00 €
Ručni rad	15	0	0		9,00 €	0,00 €
Pakiranje	15	0,5	0		9,00 €	0,30 €
Skladistenje u skladiste gotovih proizvoda	15	0,5	0		9,00 €	0,30 €
					<b>Ukupno</b>	<b>234,00 €</b>
						<b>43,42 €</b>
		Broj komada	Cijena	Gubitak / dobitak	Potrebna cijena proizvoda	Gubitak / dobitak na broj komada
		1	277,42 €	-210,60 €	66,82 €	-210,60 €
		10	66,82 €	0,00 €	66,82 €	0,03 €
		50	48,10 €	18,72 €	66,82 €	936,15 €
		100	45,76 €	21,06 €	66,82 €	2.106,31 €

Na bazi ove kalkulacije bit će proračunate sve ostale pozicije koje se glodaju u sklopu.

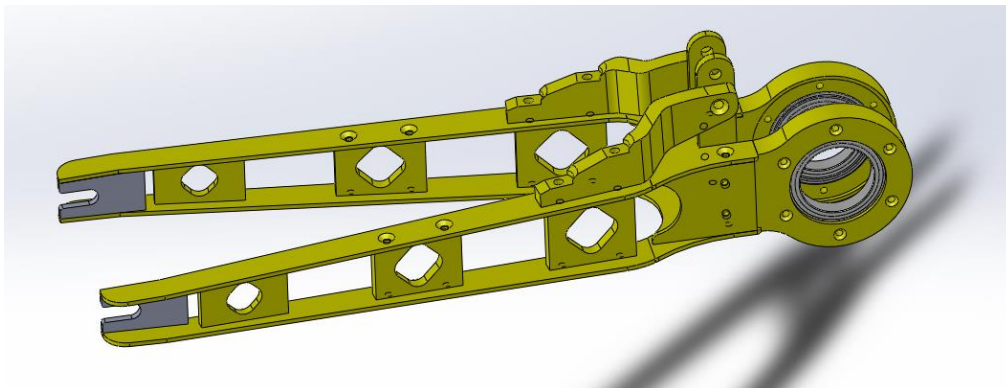
Za kalkulacijsku količinu se uzima 10 kom, kako bi se smanjio utjecaj troškova pripreme proizvodnje na krajnju cijenu komada.

Tablica 6.8 Izračun troškova sklopa na bazi izrade količine 10 kom okvira

Br. Poz	Naziv	Cijena
1	Nosac vilice	66,82 €
2	Nosac sica	56,60 €
3	Segment L1	8,10 €
4	Segment L2	6,60 €
5	Segment L3	10,10 €
6	Segment L4	8,80 €
7	Bocna Strana R	25,10 €
8	Nosac BB	115,44 €
9	Bocna Strana D	25,10 €
	Trošak sklapanja okvira	44,30 €
	Ukupno (na bazi 10 sklopova)	366,96 €

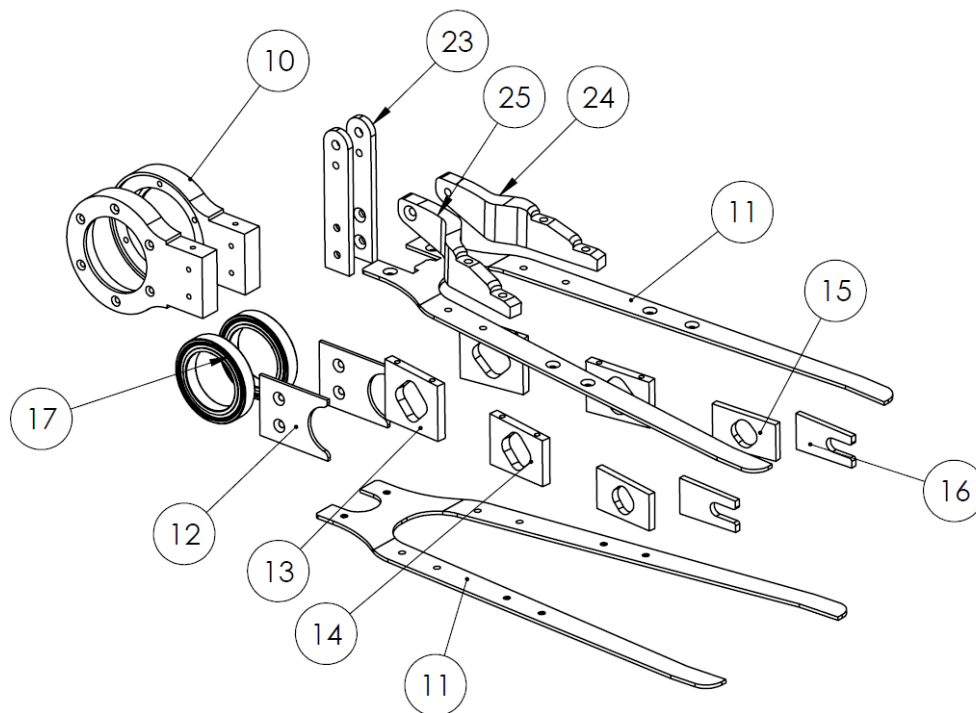
## 6.2. Razrada stražnje vilice bicikla

Stražnja vilica bicikla (slika 6.11) zamišljena je da bude izrađena iz limenih dijelova, koji su spojeni sa pozicijama izrađene glodanjem. Limeni dijelovi bili bi izrađeni izrezivanjem na CNC laserskoj rezačici i kasnije savijani u potrebni oblik na CNC savijačici.



Slika 6.11 Prikaz sklopa stražnje vilice

Sklop se sastoji od ukupno 20 pozicija, a materijal izrade je aluminij zbog njegove male specifične mase i odgovarajućih svojstava. Način spajanja sklopa je zavarivanje i spajanje vijcima, za što je odlučeno zbog potrebe montaže i demontaže stražnje vilice, kako bi se bicikl mogao servisirati.



Slika 6.12 Prikaz sklopa stražnje vilice

Tablica 6.: Izračun troškova sklopa na bazi izrade količine 10 kom stražnjih vilica

Br. Poz	Naziv	Količina	Cijena /kom	Cijena ukupno
10	Poklopac BB	2	44,29 €	88,58 €
11	Vilica 1	2	2,30 €	4,60 €
12	Bocna ploca	2	8,10 €	16,20 €
13	Ojicanje 1	2	4,43 €	8,86 €
14	Ojicanje 2	2	4,43 €	8,86 €
15	Ojicanje 3	2	4,43 €	8,86 €
16	Prihvat kotaca	2	2,60 €	5,20 €
17	Ležaj 61910-2RZ	2	18,00 €	36,00 €
23	Nosac	2	44,29 €	88,58 €
24	Ojicanje R	1	36,68 €	36,68 €
25	Ojicanje L	1	36,68 €	36,68 €
	Trošak sklapanja okvira	1	26,63 €	26,63 €
	Ukupno (na bazi 10 sklopova)			365,73 €

Kompletna konstrukcija bicikla prikazana je na slici 6.13.



Slika 6.13 Prikaz sklopa kompletnog bicikla

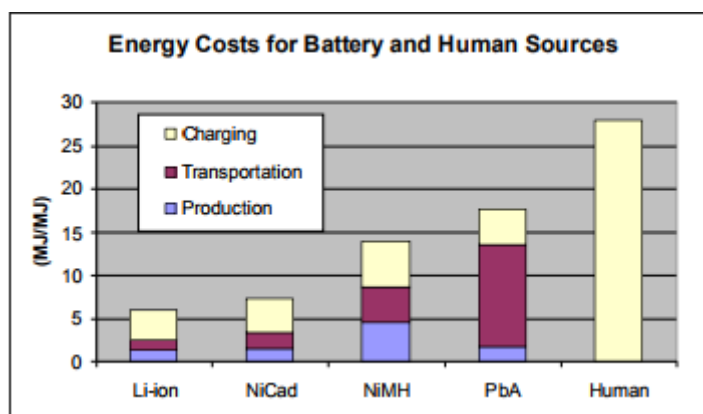
## 7. Zaključak

Suvremeni način razmišljanja je da za održivu budućnost moramo napraviti promjene u trenutnom načinu transporta, kako bi smanjili zagađenje a i potrošnju fosilnih goriva. Električnim biciklom riješio bi se problem naše velike ovisnosti o automobilima.

Transformiranjem cesta za automobile u gradovima u ceste za e-bicikle dobili bi se puno veći tranzitni kapaciteti, zdravija populacija, manje zagađenje zraka i mnogo manje gužve.

Prednosti upotrebe bicikla su npr. da nije potrebna registracija, vozačka dozvola, dozvoljen je promet u središtima gradova i vrlo mali troškovi transporta po km (oko 0.02 kn/km).

Zanimljiva je činjenica, da električni bicikl unatoč intuitivnom mišljenju da je energetski zahtjevniji od klasičnog bicikla, ima 2-4 puta manju potrošnju primane energije. To je iz razloga što čovjek u funkciji pogonjenja bicikla ima efikasnost između 22 i 26%, dok elektromotori imaju znatno veću između 75 i 90%.



Slika7.1 Usporedba potrošnje energije između baterija i čovjeka

U završnom radu je proračunom troškova potvrđeno, da je proizvodnja čak i manjih serija električnog bicikla financijski dostupna širem krugu ljudi. Postoji također veliki potencijal da u budućnosti ova vrsta transporta proizvodnjom u većim količinama znatno pojeftini i postane dostupna ljudima s prosječnim primanjima..

U Varaždinu, 12.10.2017

## 8. Literatura

- [1] <http://www.telegram.hr/zivot/ako-vas-je-zanimalo-kako-su-se-razvijali-bicikli-ovo-je-kratak-pregled-njihove-povijesti/>
- [2] <https://www.electricbike.com/e-bike-patents-from-the-1800s/>
- [3] [https://momentummag.com/wp-content/uploads/2016/03/MM\\_eBikeGuide\\_03\\_2016\\_final.pdf](https://momentummag.com/wp-content/uploads/2016/03/MM_eBikeGuide_03_2016_final.pdf)
- [4] <https://www.electricbike.com/killer-whale-hard-case-battery-pack/>
- [5] <http://www.cyclorama.net/viewArticle.php?id=255>
- [6] <https://arstechnica.com/civis/viewtopic.php?f=53&t=1340255>
- [7] <http://www.renehersebicycles.com/>
- [8] <https://weldblog.tumblr.com/post/116455530068/tig-welding-on-circumferential-tubes-the-picture>
- [9] <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-1c81c6dd5dc8810691b6b1cd43cd2dc7>
- [10] <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-c6d03196b88e1bd4f9bcd2cfdd0ebc22-c>
- [11] <https://www.bicycling.com/bikes-gear/bikes-and-gear-features/carbon-fiber-bike-construction>
- [12] <https://www.vannicholas.com/>
- [13] <https://repozitorij.sfsb.hr/islandora/object/sfsb%3A62/datastream/PDF/view>
- [14] [http://repozitorij.fsb.hr/2509/1/20\\_11\\_2013\\_Marko\\_Vlahov\\_-\\_Diplomski\\_rad.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/2509/1/20_11_2013_Marko_Vlahov_-_Diplomski_rad.pdf)
- [15] [http://repozitorij.fsb.hr/1392/1/05\\_07\\_2011\\_Zavrzni\\_rad\\_.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1392/1/05_07_2011_Zavrzni_rad_.pdf)
- [16] <http://www.ram-rijeka.com/c/931/Osnovni-postupci-zavarivanja---Ram-Rijeka.wshtml>
- [17] [https://bib.irb.hr/datoteka/326195.Ediplomski\\_rad\\_DRAGAN\\_BABIC.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/326195.Ediplomski_rad_DRAGAN_BABIC.pdf)
- [18] [http://repozitorij.fsb.hr/5819/1/Penava\\_2016\\_diplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/5819/1/Penava_2016_diplomski.pdf)
- [19] <https://www.hoffmann-group.com/HR/hr/rotometal/>
- [20] <http://www.explainthatstuff.com/electricbikes.html>
- [21] <https://electricbikereport.com/grace-one-review/>
- [22] <https://www.bikerumor.com/2013/02/25/nahbs-2013-sanomagics-jaw-dropping-wooden-bicycles/>



Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, VALENTINO JOVAN (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA IZRADE RAME ELEKTRIČNOG BIKIKLA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

VALENTINO JOVAN

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, VALENTINO JOVAN (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom TEHNOLOGIJA IZRADE RAME ELEKTRIČNOG BIKIKLA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

VALENTINO JOVAN

(vlastoručni potpis)