

[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468



**Sveučilište: Sveučilište u Rijeci**  
**Fakultet: Tehnički fakultet**

**Akadska godina: 2010-2011**

***Riteh Racing***  
***Team***

## **ZAVRŠNO IZVJEŠĆE** **o studentskoj praksi**

**Student: Hrvoje Novak**

**Matični broj studenta: 0035156315**

**Studijska godina: 1.**

**Modul: Inženjerstvo materijala**

**Ime akademskoga mentora: doc.dr.sc. Zoran Jurković**

**Ime industrijskoga mentora: prof.dr.sc. Vladimir Medica**

*Rijeka, 2011.*

[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468



## 1. Opće informacije (ispuniti)

Student			
Ime studenta: Hrvoje Novak		Studijska razina: <input type="checkbox"/> Preddiplomski <input checked="" type="checkbox"/> Diplomski	
Matični broj:0035156315	e-pošta:hrvoje.novak1@gmail.com	Telefon:0977398979	
Razdoblje prakse	Od: 15.10.2010.	Do: 30.08.2011.	Broj sati:
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković		Pozicija: docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: 051/651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime:Riteh Racing Team			
URL: http://ritehracing.uniri.hr			
Adresa:Vukovarska 58		Grad:Rijeka	
Ime industrijskoga mentora:prof.dr.sc. Vladimir Medica dipl. ing.		Pozicija: faculty adviser	
Adresa e-pošte: <a href="mailto:vladimir.medica@riteh.hr">vladimir.medica@riteh.hr</a>		Broj telefona: 051/651-523	

### 3. Uvod

Riteh racing team je prvi Formula student tim na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Tim je osnovan krajem 2007. godine i čini ga devet članova. Osam studenata sa Tehničkog fakulteta, smjer strojarstvo te jedan student Ekonomskog fakulteta u Rijeci. Članovi tima mogu biti samo studenti i diplomanti do sedam mjeseci nakon stjecanja diplome.

Tehnički fakultet je u okviru svojih mogućnosti stvorio uvjete za nesmetani rad tima. Projekt je priznat kao dio nastavnih obveza angažiranih studenata.

Tim je osnovala Jelena Opančar, studentica Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Zadnji semestar studija je na međunarodnoj razmjeni u Grazu, u Austriji postala dio njihovog Formula student tima. Temeljem dobivenog iskustva, odlučila je takav projekt pokrenuti i u Rijeci.

Glavni cilj bio je nastupiti na prestižnom natjecanju Formule student, održanog u Silverstoneu, Velika Britanija u Klasi 3. Po osnutku tima započet je rad na razvoju koncepta bolida. Svakodnevni rad na bolidu te tjedni sastanci projekatana ključni su za kvalitetno funkcioniranje tima i organiziranje posla.

Tim od osam članova predvođen je profesorom Vladimirom Medicom kao faculty adviserom kojeg je prema pravilima svaki tim dužan imati.

Nakon povratka sa natjecanja u Engleskoj 2008. godine tim počeo sa radom na projektu za 2010. godinu, a došlo je također i do promjena u sastavu tima.

Glavni cilj je bio da se izradi bolid s kojim bi se moglo otići na natjecanja u Englesku i Njemačku te također sam odlazak na natjecanja. Svakodnevnim radom u radionici tim je uspio izraditi bolid te otići na natjecanje na stazu Silverstone u Velikoj Britaniji i na stazu Hockenheim u Njemačku.

U 2011. Godini Riteh Racing Team započeo je sa 2 nova projekta a to su izrada novog bolida kojim se namjerava natjecati u 2011 godini te izgradnja laboratorija za ispitivanje motora, preciznije stavljanje motorne kočnice u funkciju.

#### **4. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija** *(najmanje 1 stranica)*

Trkaći bolid pod nazivom "Formula Student 2011" je koncept s koji Riteh Racing Team namjerava konstruirati te izraditi i natjecati se na Formula Student natjecanjima u sezoni 2011.

Bolid se sastoji od sljedećih dijelova:

1. Ovjes
2. Šasija
3. Motor
4. Prijenos snage
5. Elektronika
6. Bodyshell

##### **1.OVJES** (Suspension)

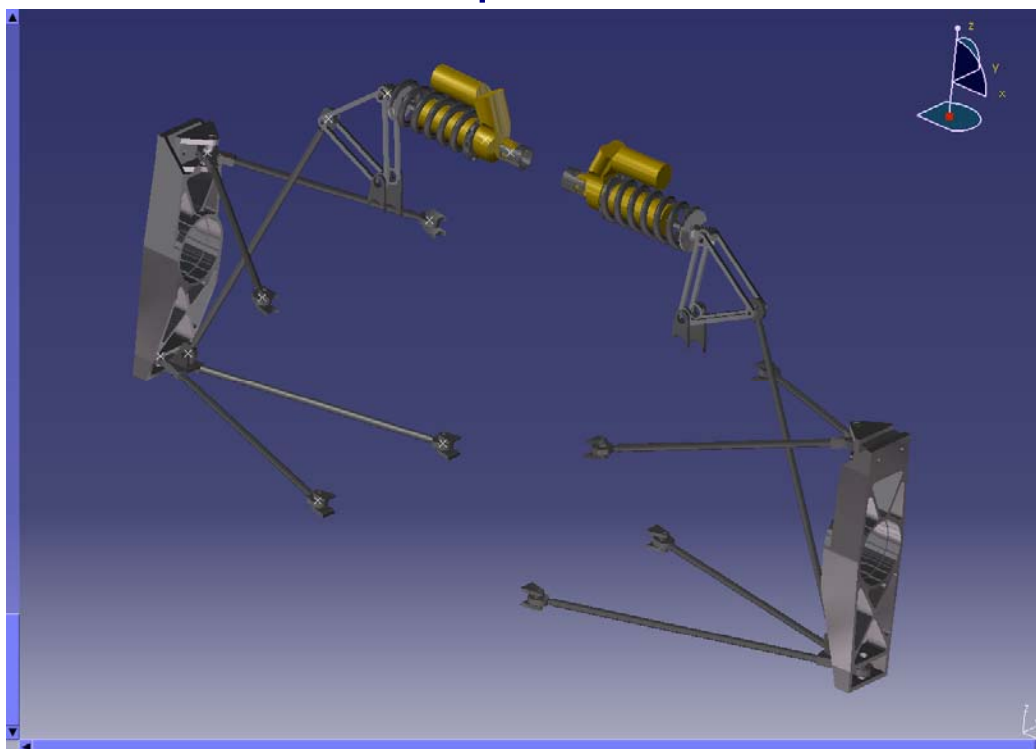
Osnovna funkcija ovjesa bez obzira na vrstu i tip je da omogućava oscilacije kotača u svrhu ublažavanja dinamičkih sila koje se prenose s podloge, te da povezuje kotače sa šasijom vozila.

Pri konstruiranju trkaćeg bolida uvijek se polazi od ovjesa zato jer on određuje dinamičke vozne osobine i ponašanje vozila tokom vožnje.

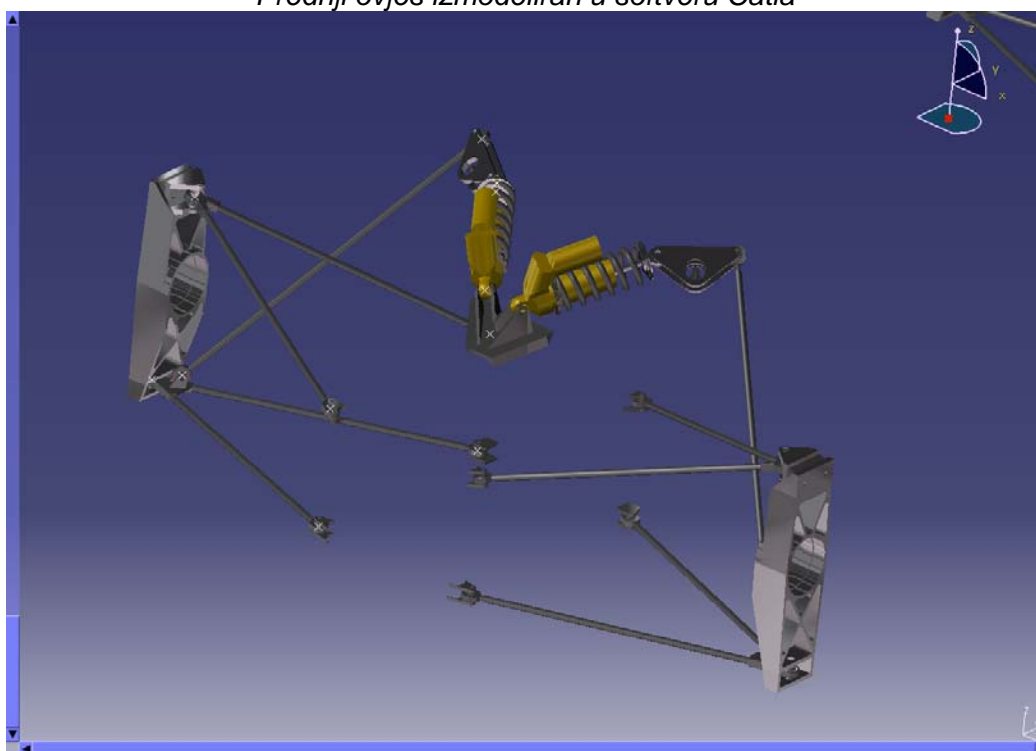
Ovjes se sastoji od: guma, felga, nosača kotača, A – ramena, amortizera i opruga.

Postoje različite izvedbe ovjesa. Mi koristimo dvostruka A - ramena nejednake dužine sa pushroad amortizerima za prednji i zadnji ovjes. Za ovu izvedbu ovjesa odlučili smo se iz razloga što ona omogućava preciznu putanju kotača i uštedu na težini te je time izbjegnuto savijanje komponenti koje drže kotače. Takvo rješenje koriste i timovi Formule 1.

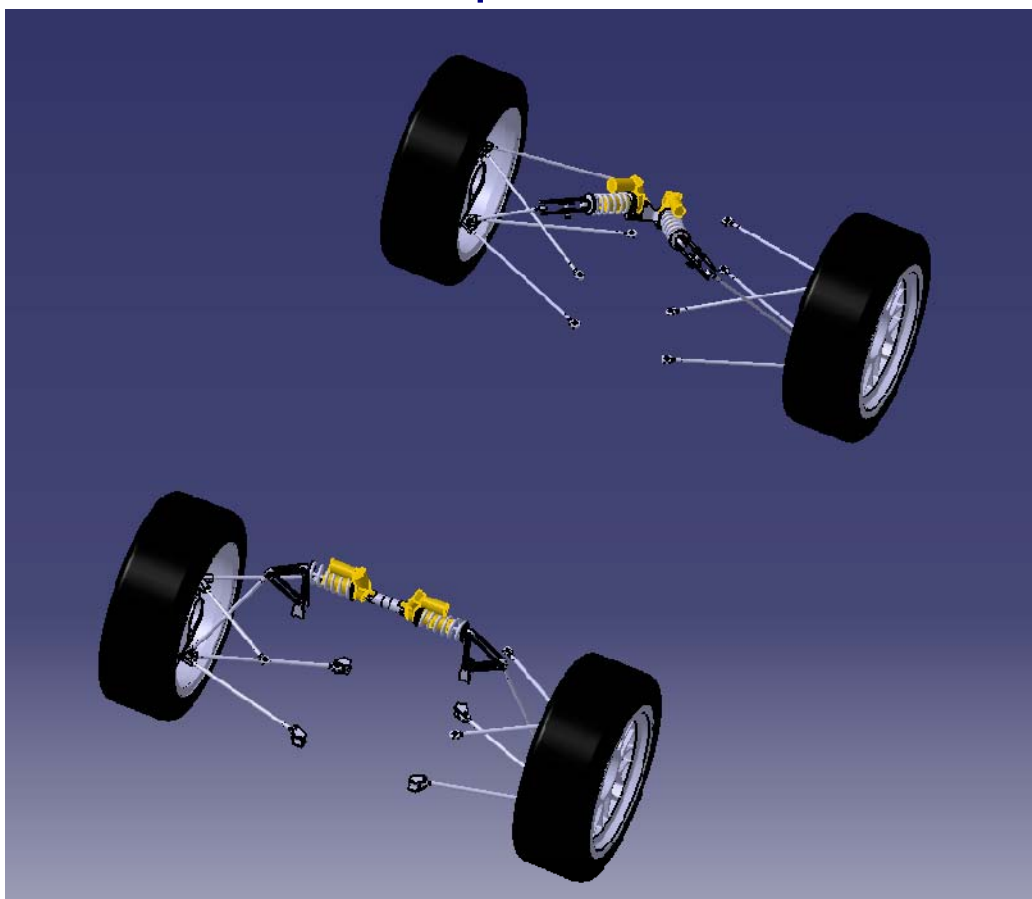
Amortizeri omogućuju podešavanje brze i spore kompresije, brzog i sporog povrata i prednapregnutost opruge.



*Prednji ovjes izmodeliran u softveru Catia*

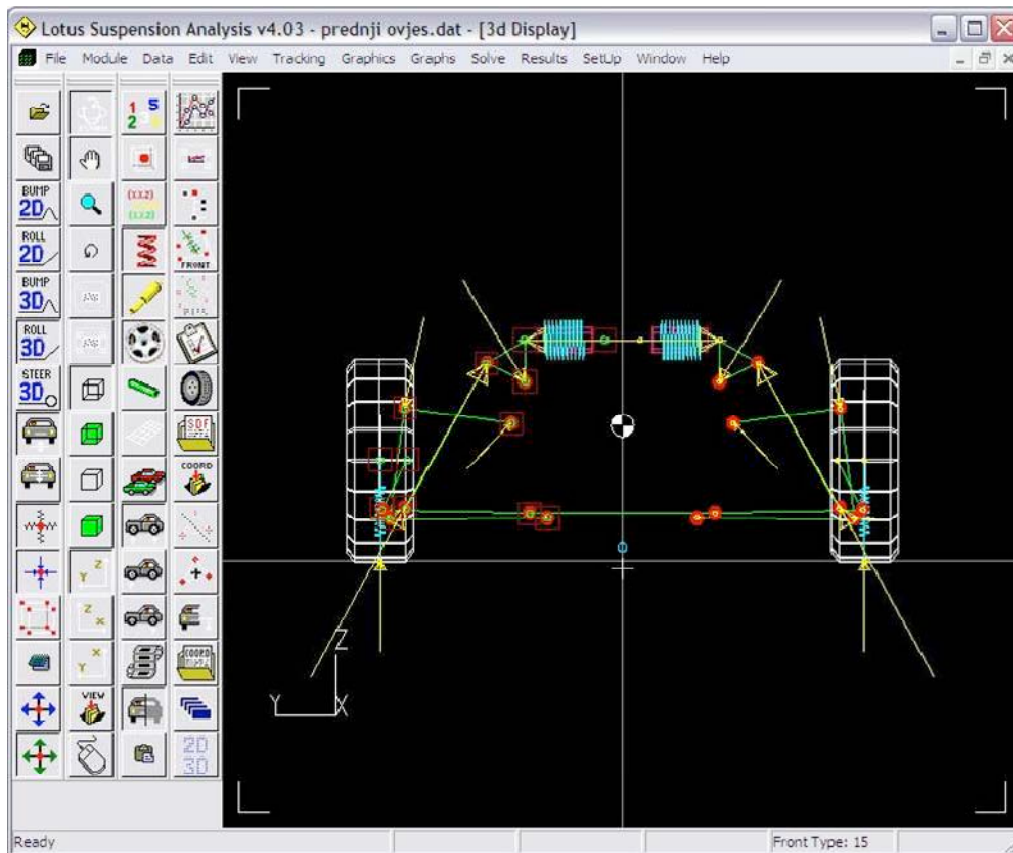


*Stražnji ovjes izmodeliran u softveru Catia*



*Prikaz prednjeg i stražnjeg ovjesa*

U svrhu razvoja geometrije ovjesa koristili smo softver Lotus suspension analyzer koji nam je omogućio pronalaženje optimalne geometrije i simuliranje dinamičkog ponašanja ovjesa.



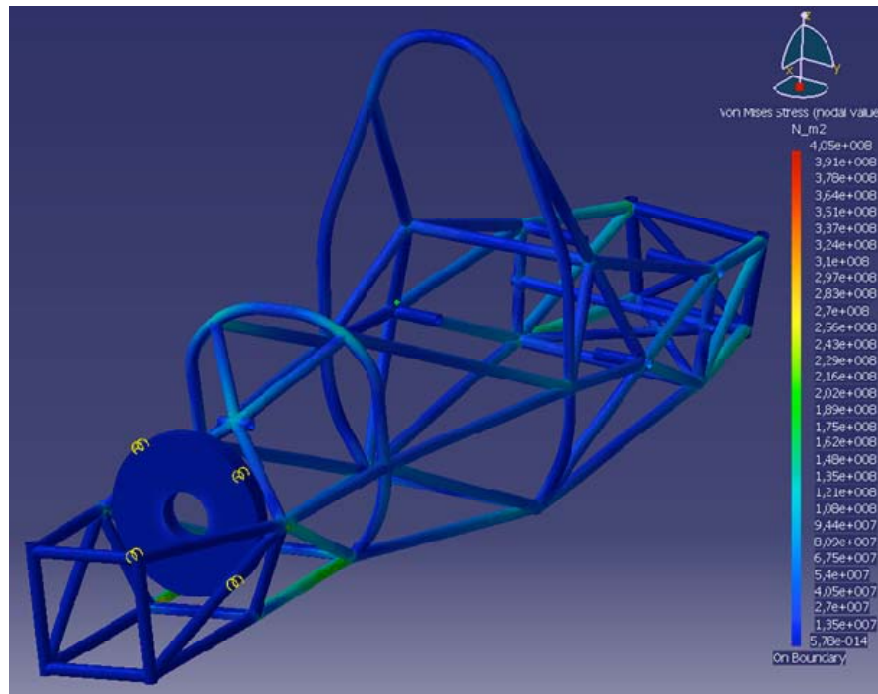
*Analiza ovjesa u prethodno spomenutom softveru*

Kako bismo bili sigurni da će ovjes izdržati sva naprezanja tokom vožnje radili smo analize čvrstoće naprezanja i deformacija komponenata ovjesa u softveru Catia.

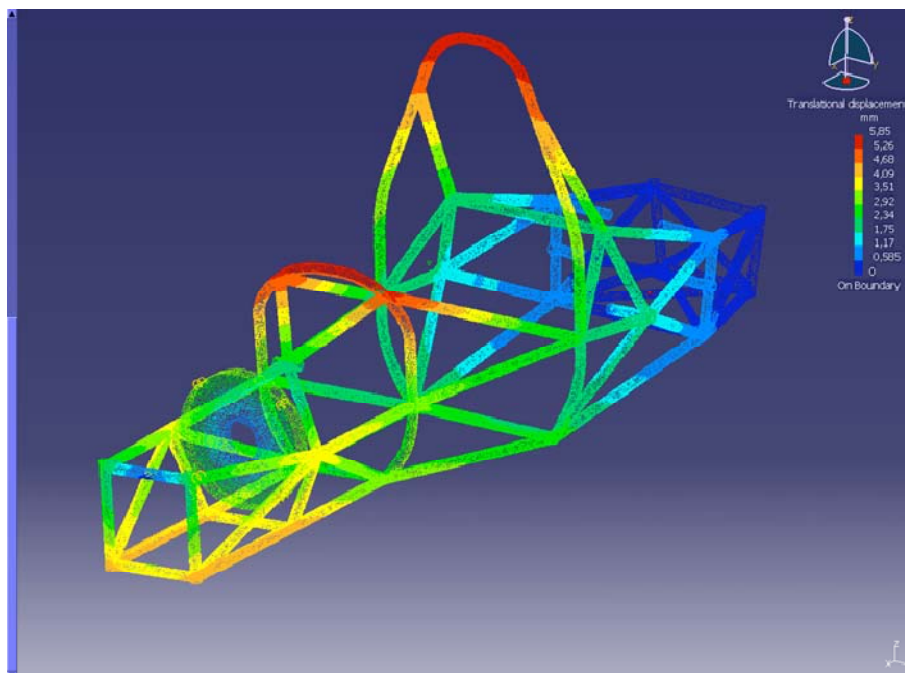
## 2. ŠASIJA (Chassis)

Šasija je struktura koja podupire sve dijelove vozila. Struktura se može sastojati od jednog dijela, više međusobno zavarenih dijelova ili kombinacije kompozitnih materijala i zavarenih dijelova. Ona preuzima sve dinamičke sile s ovjesa. Riteh racing team koristi šasiju od čeličnih cijevi koje su međusobno povezane zavarima. Ovaj tip konstrukcije koristimo zato što se već puno puta pokazao kao izuzetno dobro rješenje u sličnim konstrukcijama. Glavne odlike naše šasije su velika čvrstoća i otpornost na deformaciju uz izuzetno malu težinu od 28 kg.

Na slijedećim slikama prikazan je postupak izračuna torzijske krutosti šasije Riteh racing teama.



*Raspodjela naprezanja na konstrukciji šasije*



*Deformacije na konstrukciji šasije*

### 3. MOTOR (Engine)

Pravila propisuju da svi timovi moraju koristiti četverotaktne ottomotore zapremine do 610 cm<sup>3</sup>. Pored toga snaga motora je ograničena restriktorom na usisu promjera 20 mm.

Na projektu "Formula student 2011" kojim tim namjerava nastupati 2011 godine, koristio se motor Yamaha R6 koji je u originalu korišten na istoimenom motociklu. To je četverocilindrični četverotaktni motor od 600 cm<sup>3</sup>. Za ovaj motor tim se je odlučio zbog izuzetno velike snage i pouzdanosti.

Engine and transmission	
<b>Displacement:</b>	600.00 ccm (36.61 cubic inches)
<b>Engine type:</b>	In-line four
<b>Stroke:</b>	4
<b>Power:</b>	120.00 <u>HP</u> (87.6 <u>kW</u> ) @ 13000 <u>RPM</u>
<b>Torque:</b>	68.10 <u>Nm</u> (6.9 <u>kgf-m</u> or 50.2 <u>ft.lbs</u> ) @ 11500 <u>RPM</u>
<b>Compression:</b>	12.4:1
<b>Bore x stroke:</b>	65.5 x 44.5 mm (2.6 x 1.8 inches)
<b>Valves per cylinder:</b>	4
<b>Starter:</b>	Electric
<b>Cooling system:</b>	Liquid
<b>More details</b>	Consult a <a href="#">Yamaha repair manual</a> .

*Specifikacije motora Yamaha R6*



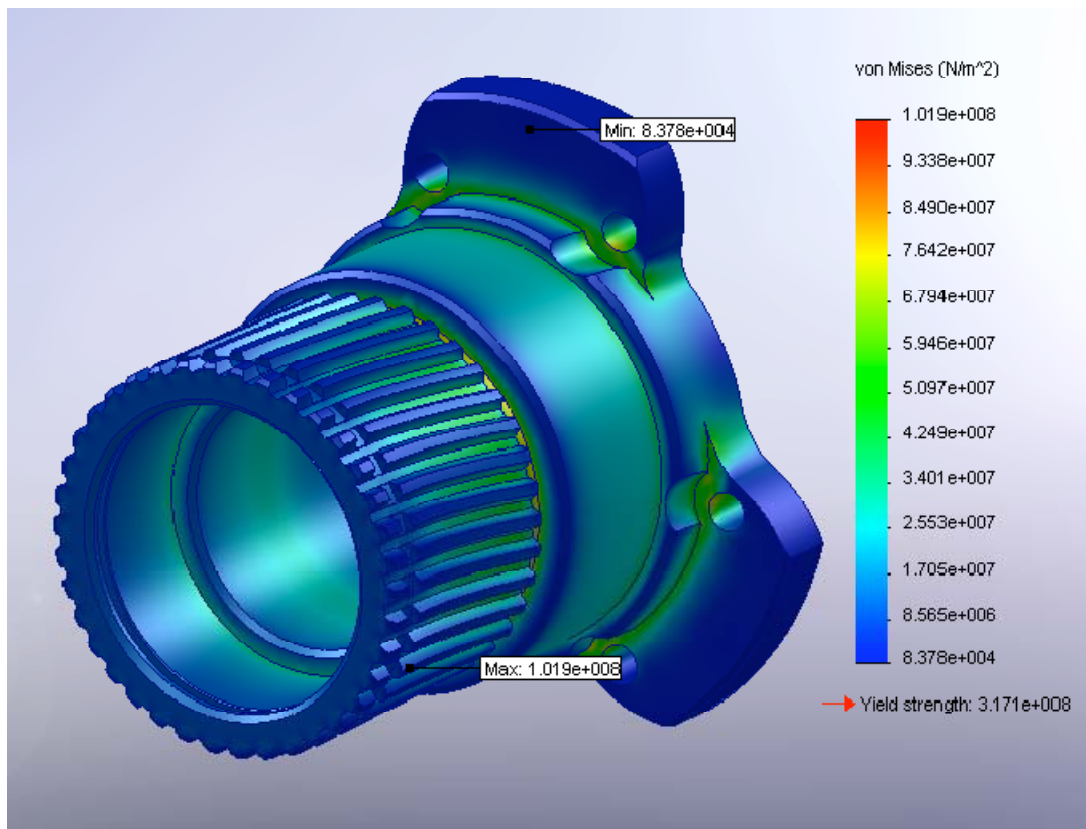
Radi postizanja što veće snage i okretnog momenta, te kako bi njihove krivulje bile što linearnije korišten je trostepeni varijabilni usis.

#### 4. PRIJENOS SNAGE (Drivetrain)

U prijenos snage spadaju svi dijelovi koji se nalaze od izlaza iz motora, pa sve do pogonskih kotača. Na našem bolidu snaga se iz motora preko lanca prenosi na diferencijal, te se preko CV (constant velocity) Tropod zglobova ( koji su s jedne strane vezani za diferencijal, a s druge za glavčinu na kojoj je kotač ) prenosi na podlogu. Samim time prijenos snage je podijeljen na tri cjeline: diferencijal, zglobovi, poluosovine.

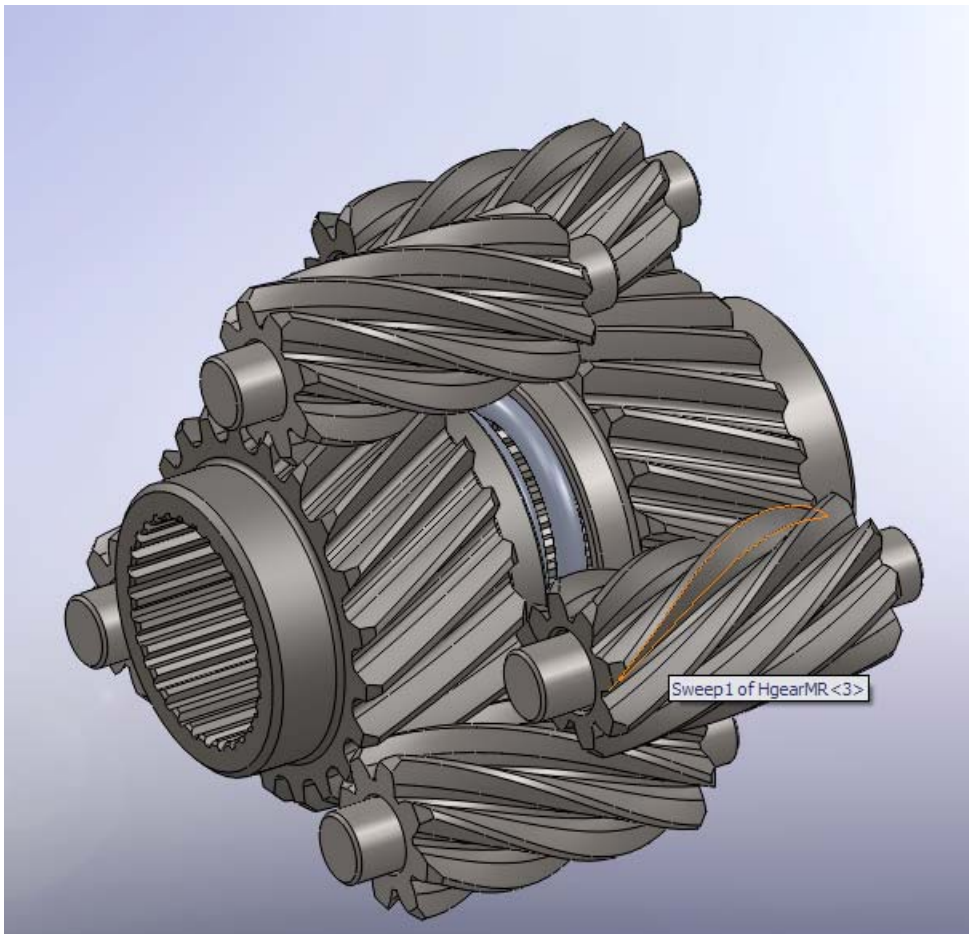
Diferencijal (engl. Differential) je sklop koji omogućuje razliku u brzini vrtnje pogonskih kotača te je nakon ovjesa sklop, koji najviše utječe na upravljivost bolida. Na našem bolidu koristimo tzv. Geared, Torque Sensitive LSD (Limited Slip Differential) koji je dokazano dobar za ovakve tipove vozila i koristi se od F1 bolida do SCCA utrka. Potaknuti željom da naučimo nešto više o takvom tipu diferencijala odlučili smo se za vlastitu konstrukciju. Time smo uspjeli postići izuzetno lagan diferencijal od samo 2,7kg, koji je ujedno i jedan on najlakših u Formula Student natjecanju.

Zahvaljujući MKE analizama (metoda konačnih elemenata) uspjeli smo simulirati opterećenje dijelova diferencijala te time ispitati njihovu čvrstoću i optimizirati dijelove na najmanju moguću masu.



FEM Simulacija

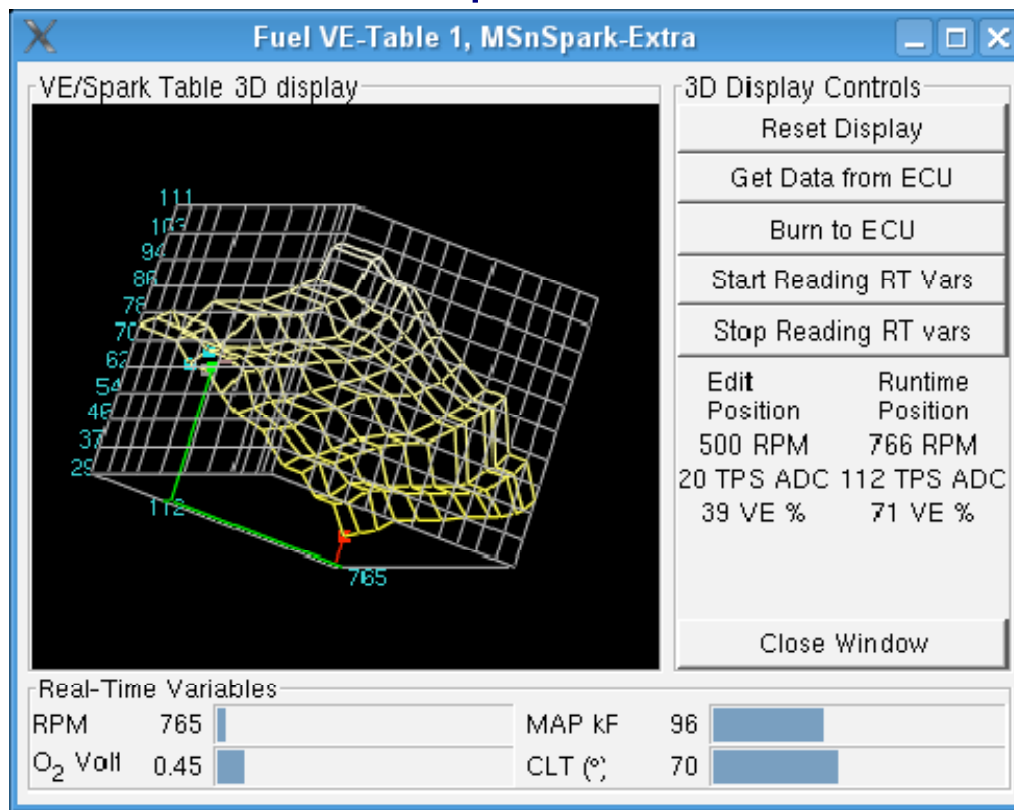
Ovakav tip diferencijala je izvrstan izbor jer uvijek prenosi snagu i moment na onaj kotač koji ima više gripa, tj. veću silu trenja između kotača i podloge. Isto tako ima 65% locking effect-a (postotak zaključavanja) što znači da se na onaj kotač koji ima manju silu trenja između kotača i podloge prenosi 65% od ukupnog momenta. Iz tog razloga je izuzetno dobar u suhim uvjetima na stazi.



## 5. ELEKTRONIKA (Electronics)

Kod dizajna našeg bolida posebnu pažnju smo obratili i na samu električnu instalaciju te razne elektroničke uređaje koji vrše vrlo bitne funkcije (kontrola ubrizgavanja i paljenja, kontrola prijenosnog omjera mjenjača, itd.) te o kojima u konačnici ovise i same performanse te pouzdanost bolida.

Presudni faktori tijekom projektiranja instalacije su bili upravo jednostavnost i pouzdanost te cijena i kvaliteta.



Električna instalacija podijeljena je u 3 zasebna dijela: "MAIN", "ECU" i "AUX"

- "MAIN" - služi za osnovne funkcije bolida te mjenjača (sistem promjene brzina, električni pokretač, alternator, stop svjetlo, pokazivači smjera, itd.),
- "ECU" - vezan je uz upravljačku centralnu jedinicu te sve prateće osjetnike, aktuatore i uređaje na koje je ona vezana,
- "AUX" - čine svi ostali pomoćni uređaji (LCD display unutar cockpita, itd.) o kojima direktno ne ovisi ispravan rad sklopa motor/mjenjač.

### Elektronički uređaji

Na samom bolidu imamo nekoliko elektroničkih uređaja:

- centralna upravljačka jedinica (ECU), koja osim što upravlja sistemom ubrizgavanja goriva te paljenja može vršiti razne dodatne funkcije (kontrola varijabilnog usisa, telemetrija, kontrola proklizavanja, kontrola starta, itd.)
- uređaj za kontrolu promjene brzina mjenjača (sistem "Kliktronic"),
- svi ostali dodatni uređaji



### Odabir centralne upravljačke jedinice

- Za razliku od većine Formula student timova za centralnu upravljačku jedinicu smo izabrali prilično nekonvencionalni sistem –VEMS Genboard V3 ECU.



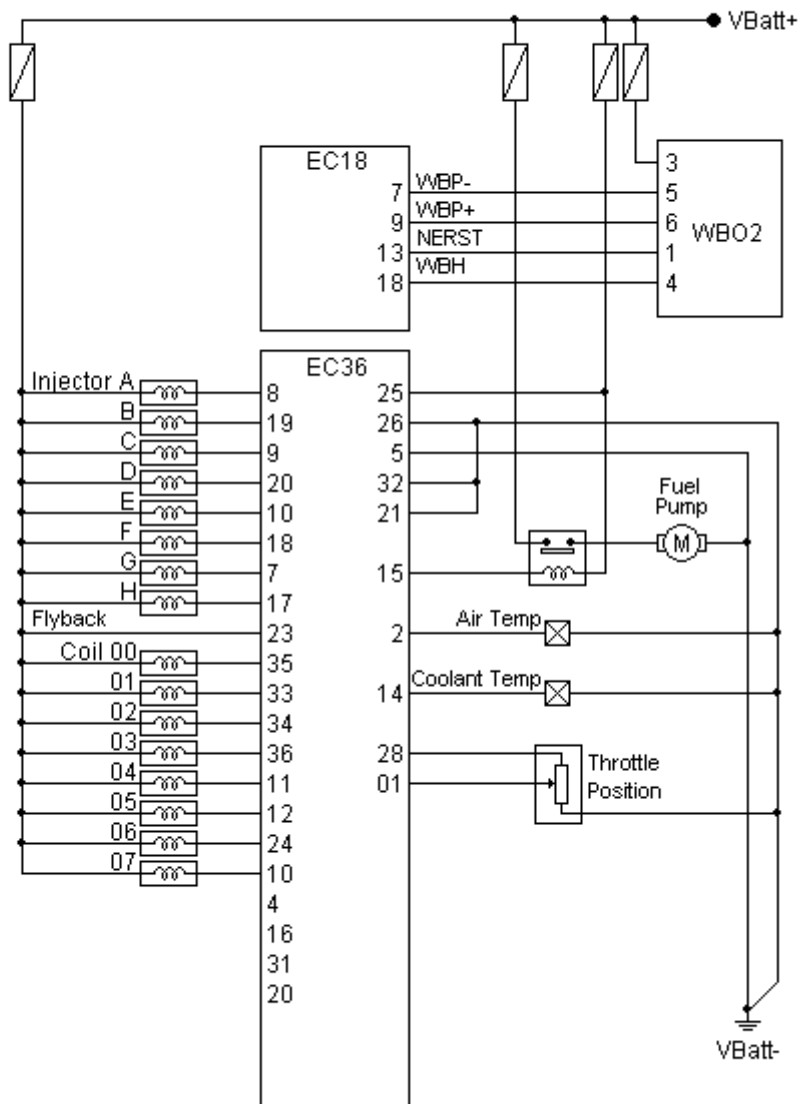
(“VEMS - Versatile Engine Management System”).

- GenBoard V3 predstavlja trenutno najnapredniji “open source” sistem kontrole ubrizgavanja ikad napravljen (“open source” znači da se svatko može priključiti daljnjem razvoju, kako i na hardverskom tako i na softverskom dijelu).

### Neke od specifikacija VEMS upravljačke jedinice:

- 2 interna široko-pojasna lambda kontrolera,
- 2 direktna ulaza za EGT sonde (K-tip),
- 8 sekvencijalnih izlaza za kontrolu ubrizgavanja,
- 8 sekvencijalnih izlaza za kontrolu paljenja,
- sklop za akustičnu detekciju detonacije po individualnim cilindrima,
- interni PID kontroler tlaka prednabijanja

VEMS v3.2 Wiring Diagram



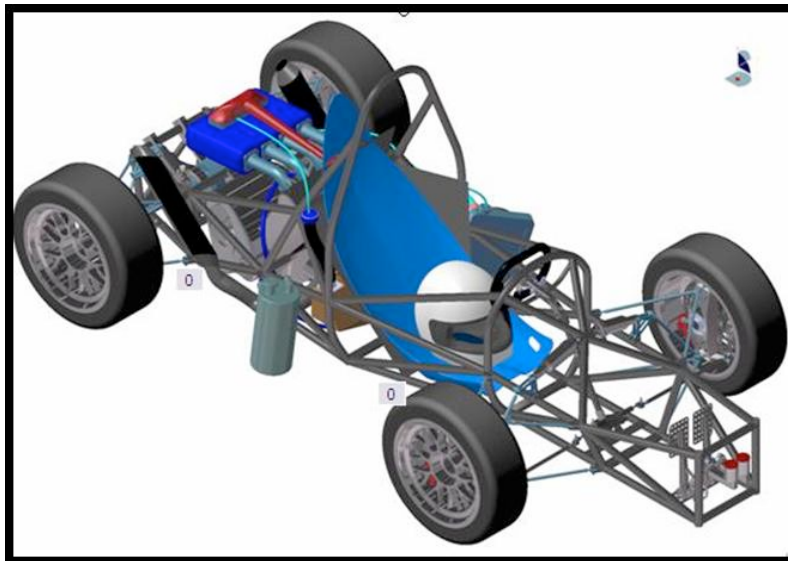
v0.2 (C) Rob Humphris Ltd

### **Prednosti VEMS upravljačke jedinice**

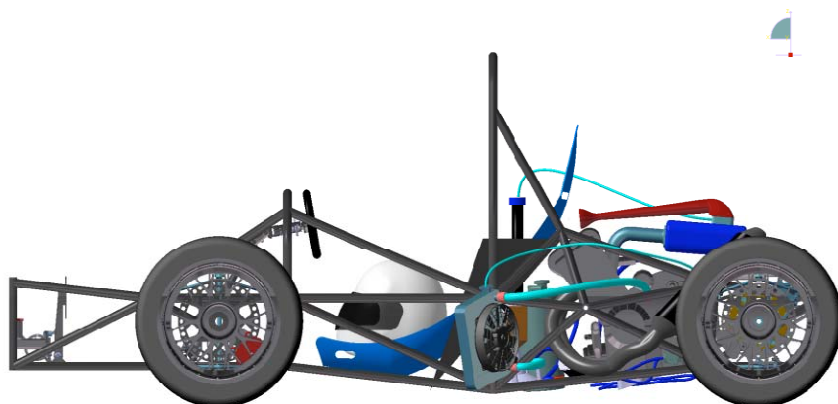
- izvanredne mogućnosti
- odličan omjer cijena/kvaliteta
- odlična tehnička podrška zahvaljujući “open source” filozofiji
- “future proof” koncept - konstantno implementiranje najnovijih tehnologija (“self-learning”, CAN podrška, “on-board datalogging”, “ion-sensing”, itd.)

### **6. BODYSHELL**

Bodishell odnosno aerodinamični oklop koji tim Formule student iz Rijeke koristi na svome automobilu izrađen je od stakloplastike. Korištenjem karbonskih vlakana bila bi omogućena je ušteda na težini od 60 % u odnosu na oklop izrađen od stakloplastike, ali zbog cijene karbonskih vlakana odlučeno je da će se ipak koristiti stakloplastika.



[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468



*Bolid Riteh racing teama bez oklopa*

Na slijedećoj slici prikazan je izgled bolida s oklopom.



[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468



Ciljevi projekta su da se isprave nedostaci s kojima smo se susreli na prošlogodišnjim natjecanjima. Izraditi ekonomičan i konkurentan bolid koji zadovoljava kriterije FSAE natjecanja. Cilj je izraditi bolid sa što manjom ukupnom masom, što lakšom šasijom, sa što manjim troškom, a opet dovoljno pouzdan i čvrst da podnese testiranja i natjecanja.

Također nastupiti na FSAE natjecanjima u Engleskoj, Njemačkoj, Mađarskoj te Austriji u konkurenciji više od 400 timova iz cijelog svijeta.

Steći izvrsno znanje i praksu iz područja razvoja, inovacija, konstruiranja, managementa i organizacije proizvodnje te upravljanja stručnim timom.

Razmjena znanja i iskustava sa studentima iz cijelog svijeta. Povezati se sa ljudima iz svjetske automobilske industrije. Predstaviti sponzore, Državu, Grad, Sveučilište i Fakultet na svjetskoj razini.



## 5. Opis posla

Riteh Racing Team kako i većina timova koji se natječe u Formula Student natjecanjima svoje poslove dijeli na dvije glavne skupine a to su: tehnički dio i organizacijski dio. Tehnički dio se dijeli na Šasiju i kokpit, ovjes, motor, prijenos snage. Organizacijski dio se dijeli na izradu prezentacije poslovne studije, izradu detaljnog troškovnog izvješća, izradu „stvarnog zadatka“, osiguranja financijskih sredstava, organizaciju promotivnih događanja.

Meni i kolegici Wendy Herceg pripali su zadaci iz organizacijskog dijela, konkretno meni je pripao dio izrade detaljnog troškovnog izvješća, izradu „stvarnog zadatka“ za natjecanje u Mađarskoj te organizacija roll outa – službenog predstavljanja novog bolida, te dio nabavke financijskih sredstava, kako je tim malen također dio zadataka je bio i pomoć kolegama pri izradi bolida.

Izrada detaljnog troškovnog izvješća sastoji se od toga da se mora za svaki dio sa bolida, prema posebnim pravilima koje propisuje FSAE organizacija za tekuću godinu, izračunati njegova cijena. To se radi na način da se prema tablicama FSAE organizacije za dijelove koji su izrađivani, a ne kupovani, prvo se mora odrediti kojim će se strojem (glodalica tokarilica...) izrađivati, koliko je sirovog materijala potrebno, koliko će materijala otpasti a koliko ostati, te se prema tim podacima određuje cijena, i to za svaki dio na bolidu. Za kupovne dijelove se prvo mora tražiti od FSAE organizacije da se u vrste u tablice za kupovne dijelove sa cijenama jednakim za sve timove, neovisno o tome koliko u kojoj državi dođe taj dio, kako bi svi timovi imali jednake uvjete na natjecanju.

Izrada „stvarnog zadatka“ za natjecanje u Mađarskoj sastojalo se u tome da je trebalo detaljno proučiti i odrediti postupak proizvodnje bloka motora za manje, lake motore visokih performansi te da se napravi troškovnik svih ulaznih troškova, te odredi cijena tog bloka motora. Određeno je da će Riteh Racing Team na natjecanju predložiti sucima postupak tlačnog lijevanja. Naravno nije bilo dovoljno samo navesti postupak nego je bilo potrebno detaljno opisati tok procesa te alate i strojeve koji su za to potrebni pa je tako nakon samog lijevanja bilo potrebno odrezivanje viška materijala, bušenje rupa uprešavanje cilindričnih košuljica pa sve do pakiranja gotovih blokova na EUR palete.

Organiziranje roll outa – službenog predstavljanja novog bolida sastojao se od određivanja lokacije, medijske promocije događaja, osiguranja svi potrebnih uređaja i pomagala za vizualno i glazbenu promociju, te osiguranja da cila prezentacija prođe u najboljem svijetlu.

Osiguranje financijskih sredstava sastojalo se od prijavljivanja na razne natječaje za donacije i sponzorstva, kontaktiranja tvrtki diljem Hrvatske. Da bi se počelo sa potragom za sponzorima ili prijavama na natječaje bilo je potrebno prvo napraviti detaljnu projektnu dokumentaciju koja se sastoji od detaljnog opisa tima, te detaljnog opisa projekta za 2011. godinu, izraditi promotivne letke, te ostale promotivne materijale.



[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468

## 6. Rezultati

[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468





## 7. Reference

- [1] <http://ritehracing.uniri.hr/>
- [2] <http://www.facebook.com/pages/Riteh-Racing-Team/178599762195562>
- [3]
- [4]
- [5]
- [6]
- [7]
- [8]
- [9]
- [10]



[www.riteh.uniri.hr](http://www.riteh.uniri.hr)  
[zoran.jurkovic@riteh.hr](mailto:zoran.jurkovic@riteh.hr)  
tel.: +385 51 651 466  
fax: +385 51 651 468

## 8. Zaključci (najmanje 1/2 stranice)

Ovih godinu dana u formuli student bilo je ponekad naporno, ali na kraju kad osvane formula, kad motor upali čovjek prestane misliti na sve probleme koji su nailazili putem. Očigledno su savladani kada je formula prvi puta provozala.

Svi koji smo aktivno sudjelovali u projektu Formula student naučili smo jako puno stvari koje bi vjerojatno učili još par godina nakon fakulteta, ali vjerujem da se nekih specifičnih problema ne bi nikada niti dotaknuli.

Smatram da je ovo bilo jedno vrlo kvalitetno iskustvo i da bi svaki student tehničkog fakulteta trebao barem na jednu sezonu probati što znači timski rad, kako je raditi pod uvjetima zadanih rokova, kako izgleda prava proizvodnja. Osim toga naučili smo kako naći novac za proizvodnju, privući sponzore, stekli odnose s medijima. Svi koji smo radili onaj dio „prljave“ mehanike dobili smo osjećaj u rukama za izradu, sklapanje, zatezanje, a u svim nenadanim situacijama i naučili naći rješenje u danom trenutku sa raspoloživim sredstvima.

Upoznavanje sa kompozitnim materijalima, toplinskom obradom čelika, kemijskom obradom aluminijske, izradom 3D modela, CNC obradom na realnim komadima, samo su neke od novih spoznaja do kojih smo došli sudjelovanjem u ovom izvrsnom projektu.

Sve naučeno na predavanjima lijepo zvuči, međutim u praksi se često dogodi da postoji neki „ali“ ili još poneka sitnica koja nije pisala u knjigama i onda je ovo jedini način da se stvarno nauči kako stvari stoje i kako prava proizvodnja izgleda, od organizacije, financiranja, konstruiranje, proizvodnje do sklapanja i na kraju plasiranje na tržište.

Datum: \_\_\_\_\_ Mjesto: \_\_\_\_\_

Potpis studenta:

\_\_\_\_\_

Potpis industrijskoga mentora:

\_\_\_\_\_