

www.riteh.uniri.hr
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: Dean Frangen

Matični broj studenta: 0069038838

Studijska godina: 2010/2011

Modul: Brodostrojarstvo

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

Ime industrijskoga mentora: prof.dr.sc. Vladimir Medica dipl.ing.

2011, Rijeka

www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468



1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Dean Frangen		Studijska razina: Diplomski	
Matični broj:	Adresa e-pošte: dfrangen@riteh.hr	Telefon: 0977987154	
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: Tehnički fakultet u Rijeci (Riteh Racing Team-Formula student)			
URL: http://www.riteh.uniri.hr/ http://ritehracing.uniri.hr/			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: Rijeka	
Ime industrijskoga mentora: prof.dr.sc. Vladimir Medica dipl.ing		Pozicija: redoviti profesor	
Adresa e-pošte: vladimir.medica@riteh.hr		Broj telefona: 051/651-523	

2. Uvod

Obzirom da moja studentska praksa nije bila klasičnog tipa biti ću slobodan stavke ovog izvješća prilagoditi uvjetima.

Ustanova pri kojoj sam obavljao praksu je tehnički fakultet u Rijeci i to u sklopu Riteh Racing Team koji djeluje u prostorijama Tehničkog fakulteta kao Formula student tim Sveučilišta u Rijeci. Kako se o tehničkom fakultetu sve zna ja ću ovdje dati informacije o Riteh Racing Teamu (RRT).

RRT je osnovan ne tako davne 2007 godine na inicijativu studenata Tehničkog fakulteta. Početno je tim brojao oko 25 članova, međutim kroz godine ljudi su dolazili i odlazili. Neki su završili fakultet, a neki jednostavno odustali. Danas brojimo 12 članova i ta ekipa je konstruirala i izradila bolid za sezonu 2011.

Do sada je izrađen još jedan bolid koji se uspješno natjecao na natjecanjima u sezoni 2010.

RRT za sada kroz sponzore i marketing uglavnom egzistira na domaćem tržištu iako postoje i strani sponzori koj nas polako guraju na tržište, prvenstveno Europe pa i svijeta. Ono što nam, kao članovima tima, omogućava probijanje na strano tržište su poznanstva i prijateljstva sa članovima raznih timova i z cijeloga svijeta koji imaju više iskustva od nas, a u svakom trenutku su voljni pomoći savjetom i parom ruku.

Koncept bolida nastaje u CAD programima. Koristimo pakete Dassault systems-a (CATIA i Solid Works). Kompletan bolid prvo nastaje u virtualnom svijetu da bi se naknadno izvlačili 2D nacrti koji idu u proizvodnju. Nažalost na fakultetu nismo u mogućnosti izrađivati potrebne dijelove pa se snalazimo kod raznih sponzora koji nama onda prema našim nacrtima na CNC strojevima izrađuju potrebne dijelove. A potrebni su svi mogući dijelovi. Vrlo mali udio u cijelom bolidu imaju kupljene stvari sa slobodnog tržišta. Koncept trkaćeg bolida je pre individualan i radikalno da bi postojala mogućnost kupovine gotovih komada stoga po pitanju proizvodnog programa proizvodili smo doslovno od specijalnih vijaka, kućišta, karbonskih ploča i sjedala, oklopa, do ovjesa i upravljačkog mehanizma.

3. Ciljevi PSP-a (Program studentske prakse) i metodologija

Općeniti ciljevi zbog kojih su Formula student natjecanja uopće pokrenuta u SAD-u, a potom se proširila i na Europu su primjena stečenih znanja na fakultetu u proizvodnji trkaćeg automobila. Najčešće samo znanja s fakulteta nisu dovoljna pa se studenta na taj način potiče da samostalno istražuje i nalazi odgovore na postavljene probleme.

Osim same izrade bolida tim mora izraditi studiju proizvodnje natjecateljskog bolida u nekoliko tisuća primjeraka i financijski plan kome i kako će ga prodavati i na kraju koliko će zaraditi. Sa tom studijom na natjecanju se pred timom stručnjaka/sudaca pokušava prodati proizvodni model i na taj način dobiti financije za maloserijsku proizvodnju.

Obzirom da od ideje do gotove formule prođe godina dana ja ću obveze i zadatke podijeliti na mjesečne zadatke:

listopad 2010: -sastanak svih "starih" članova tima i donošenje odluke u kojem smjeru ići
način -primanje novih članova i ponovni sastanak u svrhu uvoda u problematiku i rada tima
-rasprava na tjednim sastancima o pojedinačnim idejnim rješenjima za svaki pojedini dio bolida
-donošenje konačne odluke kako bolid mora izgledati i koji su ciljevi po pitanu snage, mase, upravljivosti i sl.

studeni 2010: -podjela zadataka članovima tima
-početak konstruiranja osnovnih dijelova formule (šasija, ovjes)
-donošenje odluke da se osposobi laboratorij za motore i motorna kočnica

prosinac 2010:- razrađivanje ideje o izvedbi laboratorija za motore
-završetak konstrukcije šasije i narudžba cijevi za izradu šasije

siječanj 2011:- zavarivanje šasije
-završetak konstrukcije ovjesa i kočnica
-narudžba cijevi i sfernih ležajeva za izradu vilica ovjesa

veljača 2011:- nabavka građevinskog materijala za pregrađivanje laboratorija
- nabavka rashladnog sustava za hlađenje motorne kočnice
- izrada temeljnog nosača za motornu kočnicu
- pozicioniranje kočnice na nosač i spoj na rashladni sustav
- pregrađivanje dvostrukim pregradnim zidom od gipsanih ploča sa zvučnom izolacijom
- predviđeni otvori za upuhivanje svježeg zraka i izbacivanje ispušnih plinova

ožujak 2011: - nabavka digitalnog mjerača sile na motornoj kočnici računalne jedinice za očitavanje dobivenih podataka
-sastavljanje ovjesa i kočnica
- ubacivanje motora u šasiju



travanj 2011:- postavljanje kompletne električne instalacije na bolid

- skice vanjskog izgleda formule i modeliranje karoserije
- izrada kalupa za karoseriju na osnovu CAD modela

svibanj 2011:- izrada dijelova od karbonskim vlaknima ojačanog polimera

- bočnice formule, podnica, sjedalo, naslon za glavu, zaštita amortizera, sve od CFRP-a

lipanj 2011: - kompletiranje bolida

- izrada karoserije od staklo-plastike
- lakiranje karoserije
- test vožnja

srpanj 2011:- službeno predstavljanje bolida ispred Tehničkog fakulteta

- dodatna testiranja na grobničkom polju

kolovoz 2011: natjecanje u Gyoru (Mađarska)

4. Opis posla

Obično su poslovi u timovima podijeljeni do zadnjih sitnica i svaki član tima radi samo jedan dio. Za takav pristup potrebno je barem dvostruko više ljudi nego je bilo u našem timu. Iz tog razloga svatko od nas je dobio svoj zadatak ali je uz to pomagao drugima kada je bilo vremena i mogućnosti. Svi smo radili na svakom dijelu formule barem malo. Ili se pomagalo oko crtanja ili proizvodnje ili pak u fazi sastavljanja kompletnog bolida.

Moja dva osnovna zadatka bila su pomoći kolegi oko usisa i ispuha na motoru te osposobljavanje laboratorija za motore.

Osim toga radio sam još mnoge stvari putem. Kao što sam rekao iz razloga jer nam fali ljudi pa onda uskačemo jedni drugima u pomoć koliko god je moguće.

Prvi veći odrađeni zadatak bio je pregrađivanje laboratorija. Kako je, prije zatvaranja zidova oko motorne kočnice, trebalo postaviti temelje za samu kočnicu prvi korak bio je modeliranje postolja. Nakon nekoliko ideja prihvaćena je izvedba sa podešavajućim nogama i H konstrukcijom. Bitno je bilo dobiti krutost konstrukcije i mogućnost podešavanja vodoravnosti cijelog uređaja. Iako ne izgleda tako zbog svoje masivnosti, uređaj je vrlo precizan i točan pa eventualne netočnosti u postavljanju i moguće savijanje postolja mogu dovesti do iskrivljenja rezultata.

Postolje je izrađeno u tvrtki HTC systems od kvadratnih cijevi 140x140x5 koje su međusobno spojene zavarivanjem. Potrebni provrti na konstrukciji izrađeni su također u spomenutoj firmi na 3-osnoj CNC glodalici sa točnosti 0.3 mm nakon zavarivanja.

Izrada je trajala nekoliko dana. Nakon dopremanja u prostor radionice Tehničkog fakulteta, pomoću mostne dizalice, postolja je pozicionirano na predviđeno mjesto i iznivelirano podešavajućim nogama.

Razmatranjem i mjerenjem ustanovljeno je da motor koji se planira testirati na spomenutoj motornoj kočnici može razvijati buku od preko 110dB što svakako nije prihvatljivo za ostalo osoblje na fakultetu kao ni za ljude koji žive u blizini.

Rješenje je nađeno u obliku pregradnih zidova koji će biti „sandwich“ izvedbe. Gips-kartonska ploča, pa vatro i zvučna izolacije i ponovno gips-kartonska ploča. Ploče su pričvršćene za pod i postojeće zidove pocinčanim čeličnim profilima predviđenim upravo za izgradnju pregradnih zidova od gipsanih ploča. Osim prostorije za kočnicu uređen je i prostor za ljudstvo koje će nadzirati rad kočnice i upravljati njome.

Zaključeno je da bi bilo dobro da čovjek u svakom trenutku može i vizualno pratiti što se sa motorom i motorom kočnicom zbiva (osim što prati podatke na računalu) pa je između prostorije za nadzor i samog prostora kočnice postavljen stakleni zid od debelog dvostrukog stakla. Duplo staklo također dobro izolira od buke pa se na taj način štite djelatnici od prevelike buke i eventualnog oštećenja sluha.

Također ravnina vrtnje motora zakrenut je za 90° u odnosu na prostor za ljude kako bi u slučaju eventualnog razlijetanja lanca ili bilo kojeg drugog pokretnog dijela ljudi bili maksimalno zaštićeni.

Radovi su izvedeni uz povremeni nadzor i konzultaciju prof. Medice.

Kada je taj dio „građevinskih“ radova završen krenulo se na spajanje rashladnog sustava. Rashladni sustav je sastavljen od dva zasebna kruga. Jedan krug služi za hlađenje motorne kočnice. Dok drugi zasebni krug služi za hlađenje testiranog motora.

Vodovi do motora izvedeni su djelomično krutim aluminijskim cijevima, a djelomično fleksibilnim gumenim crijevima. Fleksibilna crijeva omogućavaju spajanje na rashladni sustav neovisno o vrsti i veličini motora. Pumpa za hlađenje motora predviđena je serijska koja je integrirana u motor. Iako s hladnjaci dignuti iznad stopa prostorije pa tako i samog motora, zaključeno je da neće biti problema sa pumpanjem rashladnog sredstva jer je krug potpuno zatvoren, a kako znamo iz mehanike fluida, tada savladavamo samo unutarnje otpore i trenje u cijevima.

Hlađenje kočnice izvedeno je pomoću dva hladnjaka spojena u seriju, dva spremnika (svaki po 200 litara), i dvije pumpe.

Sustav je spojen tako da tlačna pumpa vodu iz jednog spremnika pod tlako od 2.5bar doprema na ulaznu prirubnicu motorne kočnice. Unutra kočnice su kanali i prigušnice koji su projektirani za optimalno hlađenje zavojnice. Nakon toga zagrijana voda gravitacijski ispustom odlazi do drugog spremnika gdje se cirkulacijskom pumpom tjera kroz dva izmjenjivača topline sa prisilnim strujanjem zraka i natrag, tako ohlađena, vraća u prvi spremnik gdje se ponovno tlačnom pumpom tjera dalje u sustav.



Ovako izvedena kočnica sposobna je kočiti i mjeriti snage motora do 300 KS i do 2700 o/min. Po potrebi za veće brzine vrtnje može se staviti u spregu sa reduktorom i tada broj okretaja zapravo nije ograničen.

Sama motorna kočnica je induktivnog tipa. Takve kočnice se još nazivaju i „kočnice sa vrtložnim strujama“. Način na koji ova kočnica stvara otpor u testiranom motoru je upravo pomoću vrtložnih struja koje stvaraju moment u suprotnom smjeru od smjera vrtnje rotora. Promjenom napona uzbude mijenja se i moment kočenja. Sva snaga kočenja pretvara se u toplinu i zbog toga je rashladni sustav od izuzetne važnosti za ispravan rad ove kočnice.

U prostoru laboratorija generira se velika količina topline. Gledano u odnosu na snagu testiranog motora-cjelokupna snaga se pretvara u toplinu unutar kočnice, još jednom toliko su gubici u samom agregatu koji zagrijavaju rashladnu vodu i nešto malo manje od cjelokupne snage odlazi kroz ispušne plinove u atmosferu.

Iz gore navedenih razloga instaliran je odvod ispušnih plinova i dodatni ventilator za upuhivanje svježeg zraka u prostoriju. A da bi dodatno poboljšali situaciju, izmjenjivači topline postavljeni su na krov same prostorije.

Izrada usisa i ispuha rađena je prema simulaciji koja je napravljena u softveru „lotus“. Softver nam je na korištenje ustupio jedan od sponzora. Taj dio nije bio moj zadatak već od timskog kolege. Ja u ovu priču ulazim u trenutku kada je trebalo stvarno izvesti usisni plenum i ispušne cijevi.

Ispuh je izrađen od inox cijevi debljine stjenke 1,5mm savijanih na trn kako se ne bi prilikom savijanja izgubio unutarnji promjer. Spojevi cijevi izvedeni su proširivanjem jedne strane i uguravanjem druge, tako da se dobije čvrsti spoj. Za dodatnu sigurnost i omogućavanje toplinskih dilatacija spojevi su osigurani oprugama koje povezuju jednu sa drugom stranom cijevi. Ispušni lonac je kupljen od renomiranom proizvođača „akrapović“ od kombinacije titana, aluminija i karbonskih vlakana, ispunjen posebnom pjenom koja je tajna proizvođača u svrhu vrlo male mase kompletnog ispušnog sustava.

Usis je prema pravilniku FSAE morao bit na ulaznom kraju smanjen na promjer od 20mm. Simuliranjem protoka kroz razne oblike došli smo do zaključka da oblik lagano spljoštene kruške najbolje zadovoljava (u rezultatima vidi sliku) tražena svojstva.

Prvo je izrađen testni plenum od staklenih vlakana na pozitivu od gipsa. Taj plenum je dorađen i poslužio je kao kalup za izradu negativa. Dakle, proces je izgledao ovako. Prvo je, nakon dorade plenuma od staklenih vlakana vanjska, površina plenuma zaglađena kitom i brušena do gradacije P1500 vodobrusnim papirom. Zatim je uslijedilo uslijedilo premazivanje površine sa 3 sloja voska za odvajanje iz kalupa i 2 sloja PVA (poli vinil alkohol, tekućina koja kada ispari alkohol ostavlja tanki film najlona). Kada smo stvorili sloj za odvajanje stavili smo premaz gelcoata. Gelcoat će biti površina na koju će se slagati karbonski laminat. Svojstvo gelcoat je njegova glatkoća i tvrdoća što omogućava da kalup koristimo više puta bez da se ošteti. Na djelomično osušeni gelcoat krenuli smo sa laminiranjem prvog sloja staklenih vlakana i poliesterske smole.

Nakon što se prvi sloj plastike stvrdnuo krenuli smo sa laminacijom preostalih 5 slojeva kako bi dobili vrlo kruti kalup koji se neće savijati i mijenjati svoje dimenzije kod skrućivaja karbonskih vlakana koja planiramo stavljati u kalup. Prvi sloj je bito da savršeno prati oblik koji želim kasnije dobiti iz kalupa i zato se čeka da se on stvrdne prije nanašanja ostalih slojeva.

Kada katalizator odradi kemijsku reakciju i kada svih 6 slojeva plastike postanu tvrdi i kruti možemo odvojiti kalup od prvotnog plenuma. Sada imamo vrlo glatku unutarnju površinu kalupa u koju, kada naslažemo nekoliko slojeva karbona, dobiti ćemo ponovno dimenzije početnog plenuma ali ovoga puta od karbonskih vlakana i epoksidne smole koja daje puno veću čvrstoću i otpornost na pucanje. Postupak je ponovno namazati vosak i PVA na kalup i kada se PVA osuši krenemo sa mazanjem smole i slaganjem karbonskih vlakana. U našem slučaju stavljeno je 4 sloja karbonskog pletiva (biax +/-45) i to 600g/m². Zbog velikog negativnog tlaka s unutarnje strane plenuma bitno je imati prilično jaku konstrukciju da ne bi došlo do pucanja.

Plenum je rađen iz 3 dijela, odnosno 3 kalupa i zatim je spojen konstrukcijskim ljepilom na bazi epoksida.

Osim ovih zadataka na potpuno isti način kao i plenum izradio sam i sjedalo za vozača u formuli. Znači, prvo je izrađen plastični model koji je doraden da savršeno pristaje u bolid, zatim je zaglađen i potom je skinut negativ u koji se laminirao karbon.

Pomagao sam i oko pozicioniranja i konstrukcije upravljačkog sustava. Glavu i letvu volana kao i sam volan smo imali, ali nije postojao CAD model istih pa je bilo teško manipulirati s njima dok se stvarao bolid. Uz malo mjerenja kroz par dana sve te dijelove sam nacrtao u CAD programu i na taj način omogućio puno lakšu vizualizaciju točnog položaja upravljačkog mehanizma i njegove nedostatke koje smo potom otklonili novim smještajem nosača i prihvata.

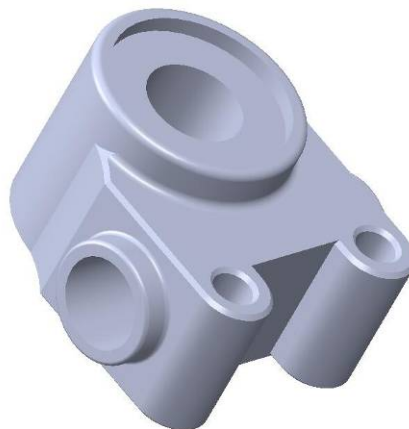
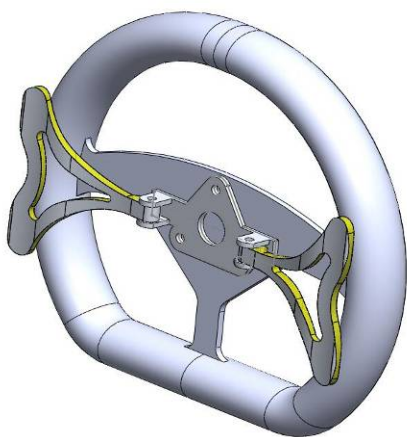
Praktično nema dijela formule u kojem nisam barem malo imao prste prilikom sastavljanja. Sastavljao sam cijevi od kočnica, sklapao ovjes i kočnice, prethodno spomenuti upravljački mehanizam, hlađenje agregata, izrađivao kalup za izradu karoserije ...

A osim ovih strojarskih radova bio sam i dio tima koji je početkom sezone obilazio potencijalne sponzore, ugovarao sponzorstva, nabavljao potrebne dijelove, itd.

5. Rezultati



www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468

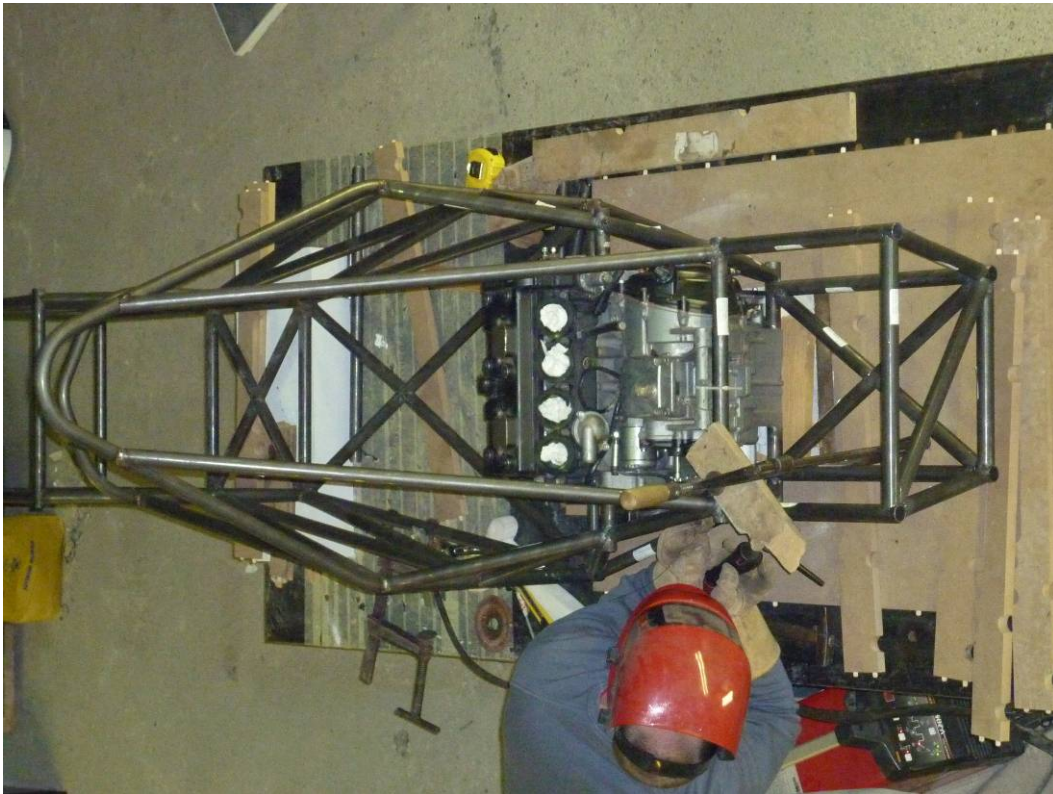




www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468

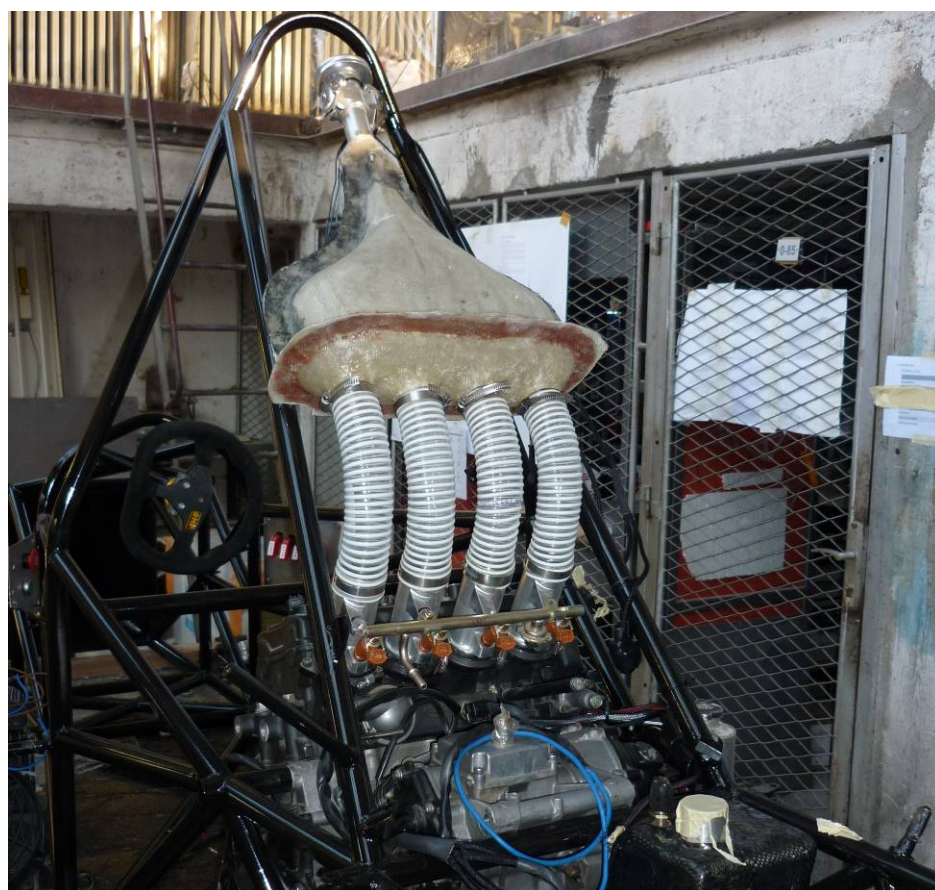


www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468



www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468





www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468



www.riteh.uniri.hr
zoran.jurkovic@riteh.hr
tel.: +385 51 651 466
fax: +385 51 651 468





6. Zaključci

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 aluminija, 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: 31.08.2010

Mjesto: Rijeka

Potpis studenta:

Potpis industrijskoga mentora:
