

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

**Student: Dalibor Janjatović**

**Matični broj studenta: 0069040079**

**Studijska godina: 2010/2011**

**Modul: Računarsko inženjerstvo**

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

**Ime industrijskoga mentora: red.prof.dr.sc. Bruno Čalić**

*2011, Rijeka*

[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

Student			
Ime studenta: Dalibor Janjatović		Studijska razina: <input type="checkbox"/> Diplomski	
Matični broj:0069040079	Adresa e-pošte:djanjatovic@riteh.hr		Telefon: 091/9078829
Razdoblje prakse	Od: 21.03.2011	Do: 02.05.2011	Broj sati: 120h
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 RIjeka			
URL: <a href="http://www.riteh.hr">www.riteh.hr</a>			
Adresa:Vukovarska 58.		Grad:Rijeka	
Ime industrijskoga mentora: Bruno Čalić		Pozicija:red.prof.dr.sc.	
Adresa e-pošte: Bruno.Calic@riteh.hr		Broj telefona:00385 51 651 450	



## 2. Uvod

Vodocikl (engl. waterbike) je plovilo pokretano isključivo snagom ljudskih mišića, dakle bez upotrebe ikakvih oblika unaprijed spremljene energije. Prema pravilima međunarodne studentske regate vodocikala (engl. International Waterbike Regatta), vodocikl mora biti projektiran i izgrađen od strane studenata, maksimalne dužine 6 metara, širine do 2 metra, gaza do 1,2 metra i to sve za dva natjecatelja. U Waterbike team-u Rijeka uključena je skupina od dvadesetak studenata brodogradnje i strojarstva Tehničkog fakulteta u Rijeci. U razdoblju od 4. do 8. svibnja 2011. godine u Hamburgu održala se 32. Međunarodna regata vodocikala. Sadašnjem timu, uz nove članove svake godine, to je bila treća uzastopna regata na kojoj je tim sudjelovao. Za ovu godinu, odlučeno je pristupiti izradi potpuno novog vodocikla upotrebom suvremenih tehnologija u svijetu brodogradnje. Izrada novog vodocikla odvijala se u hali Tehničkog fakulteta, i trajala je do početka svibnja kada smo otišli na regatu u Njemačku. Koristili smo softverske programe koje smo naučili tijekom studija na fakultetu, Catia za nacрте i formu vodocikla te Nastran za provjeru čvrstoće i opterećenja. Za vrijeme izrade vodocikla, koristili smo se opremom koju koristi tehnička služba fakulteta smještena u hali fakulteta.

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

Planirane aktivnosti po tjednima:

1. Prikupljanje sponzora – slanje sponzorskih ponuda od samog početka izrade pa sve do odlaska na regatu.
2. Izrada kolijevke – trajala je prva dva tjedna izrade. Nakon izrade nacрта u programu Catia, pristupili smo izradi kolijevke, odnosno kalupa iz koje ćemo napraviti dva trupa za vodocikl. Rebra, izrađena od šperploče, uzdužno smo spojili drvenim letvicama te na njih nanijeli linoleom kao podlogu kalupa.
3. Postavljanje laminata – nakon izrade kalupa, izvršili smo pripremu za postavljanje ugljičnih vlakana (karbona). Karbon smo nanosili uz pomoć epoxy smole, a prije samog postavljanja nanijeli smo sloj odjeljivača za lakše vađenje trupa iz kolijevke.
4. Postavljanje poprečnih ojačanja – 2 dana nakon postavljanja laminata, odnosno nakon što se smola osušila, pristupili smo izradi poprečnih ojačanja unutar trupa radi ojačanja. Na poprečna pojačanja će kasnije biti postavljene šperploče ojačane slojem karbona, jer će se na njih postaviti noseća konstrukcija.
5. Izrada aluminijske konstrukcije – sa završetkom izrade trupova krenuli smo na izradu konstrukcije koja će se sastojati od dva poprečna i dva uzdužna nosača na kojima će biti smještena sjedala za vozače i sustav za pogon vodocikla, i jednog poprečnog nosača na kojem će biti smješten peta vanbrodskog motora.
6. Spajanje trupova i konstrukcije – tjedan dana prije kraja izrade vodocikla, bili smo u mogućnosti spojiti oba trupa uz pomoć aluminijske konstrukcije. Paralelno sa daljnom izradom pristupili smo brušenju, poliranju te farbanju trupova vodocikla.
7. Izrada propulzijskog sustava – propulzijski sustav biti će izrađen uz pomoć pete vanbrodskog motora Tomos, koja će preko sustava zupčanika i lančanika biti spojena na pedale koje pokreću dva vozača.
8. Testiranje plovila – dva dana prije polaska na regatu, uspjeli smo i testirati naše plovilo te utvrditi preinake koje smo nakon testiranja izvršili na vodociklu.

#### 4. Opis posla

U projektu izrade vodocikla, postojala je podjela aktivnosti i poslova po članovima koje tim okuplja. U ovom izvješću opisati ću poslove kod kojih sam najviše sudjelovao, a to su bili izrada poprečnih ojačanja unutar trupova i aluminijske konstrukcije odnosno spajanje vodocikla. Osim toga, priprema propulzijskog sustava i postava navedenog na vodocikl.

Sa završetkom izrade oba trupa pristupili smo izradi poprečnih ojačanja unutar trupova. Poprečna ojačanja su izrađena od poliuretanskih ploča debljine 30 mm i postavljeno je ukupno osam po svakom trupu, te su spojena na trup uz pomoć smole i ugljičnih vlakana (karbona). Ona su, osim što imaju ulogu da poprečno ukrute trup, poslužila da postavimo nosače za aluminijsku konstrukciju. Na poprečnim ojačanjima smo ostavili rupe za ruke kroz koje ćemo kasnije spojiti konstrukciju sa nosačima. Nosače smo izradili od sendvič konstrukcije karbon-šperploča-karbon što daje dodatnu čvrstoću i postavili smo ih na točno određena mjesta na koja dolazi aluminijska konstrukcija.



Slika br.1. Poliuretanske ploče za izradu ojačanja vodocikla

Još u procesu projektiranja smo uz pomoć računalnog programa Nastran izvršili proračun čvrstoće te prema izvršenoj analizi odredili veličine aluminijskih profila kojima smo spojili trupove vodocikla. Aluminijska konstrukcija koristi se za povezivanje dva trupa te postavljanje propulzijskog i upravljačkog sustava.



Konstrukcija je izrađena od eksdudiranih profila serije 5000 koje odlikuju vrlo dobra zavarljivost. Profili su kvadratni, dimenzija 40x80x3.

Aluminijska konstrukcija sastoji se od dva poprečna i dva uzdužna nosača te posebnog nosača azipoda. Na dva poprečna nosača, koja su od trupa uzdignuta 450 mm, postavili smo dva uzdužna nosača na kojima se nalaze sjedala vozača te par lančanika i pedala. Poprečne nosače smo na njihovim krajevima zavarili za aluminijske pločice veličine 200x200 da bi omogućili vijčani spoj sa prije napravljenim nosačima postavljenim na poprečna ojačanja. Spajanje smo izveli vijčanim spojem pomoću M8x60.

U izradi konstrukcije, kao sponzor nam je pomogla tvrtka Elcon d.o.o., inače specijalizirana tvrtka za proizvode od aluminijske.

Propulzijski sustav vodocikla se sastoji od pete vanbrodskog motora Tomos 4 bez motora, koja je spojena lancem preko sustava lančanika i zupčanika na pedale koje pokreću dva vozača. Za pogon smo ugradili vijak sa dva krila koji daju najveću iskoristivost. Brodski vijak je najrašireniji tip brodskog propulzora i gotovo jedino sredstvo poriva. I na prošlom vodociklu Zvezda se nalazi brodski vijak, tako da smo se i ove godine odlučili na isti, ali sa malo jednostavnijim sustavom. Sam brodski vijak je s fiksnim krilima, odnosno krila su mu izlivena zajedno sa glavinom (FPP vijak). Takvi vijci se najviše upotrebljavaju, najjeftiniji su, najmanje podložni kvarovima i kao što smo rekli imaju najveću iskoristivost.

Dva su osnovna tipa brodskih vijaka: desnokretni (kao na vodociklu) i lijevokretni vijak. Desnokretni vijak je onaj koji se u vožnji naprijed okreće desno, tj. u smjeru kazaljke sata gledano s krme prema pramcu. Svako krilo vijka ima svoj ulazni i izlazni brid. Ulazni brid je onaj koji zahvaća vodu te je preko tlačne plohe lista potiskuje prema izlaznom bridu. Korak vijka je linearni pomak koji vijak prođe u jednom okretu za 360°. Korak ovisi o usponu krila, pa je za veći korak potreban i veći uspon. Brodski vijak nikad nema učinak punog koraka. Glavne dimenzije brodskog vijka smo odredili prema ukupnoj snazi dva čovjeka, oko 0,35 kW, te broju okretaja koji se postiže na izlazu pete vanbrodskog motora, oko 650 okretaja u minuti.

Nakon toga smo izračunali i brzinu koju ćemo uspjeti postići:

$$V = \frac{n \cdot H \cdot 60}{1852} [\text{čv}]$$

gdje je  $V$  – brzina,  $n$  – broj okretaja i  $H$  – korak brodskog vijka. Predviđena brzina koju smo dobili ovim izračunom iznosila je 8,5 čvorova.

U izradi brodskog vijka pomogla nam je tvrtka Propeler Servis d.o.o., i to od lijevanog aluminija.



Slika br.2. Brodski vijak

Za postavljanje izrađenog brodskog vijka, morali smo prvo izvršiti preinake na peti vanbrodskog motora tomosa 4, na kojoj smo prvo skinuli dio iznad originalnog brodskog vijka jer je novoizrađeni bio veći te nije mogao biti postavljen. Nakon što smo uspjeli postaviti novi propeler, skinuli smo ga i uredili ostatak pete na način da smo odrezali dijelove koji nisu potrebni da bi smanjili masu te je za kraj izbrusili. Sada već pripremljenu petu, postavili smo na treći poprečni nosač aluminijske konstrukcije kutnim zavarom. Na vratilo koje se nalazi u peti, postaviti ćemo prijenosnu kutiju sa koničnim zupčanicima. Zupčanici prenose okretno gibanje s jednog vratila na drugo pomoću veze oblikom, u našem slučaju to su konični zupčanici kojima zubi pod konusom ulaze između zuba drugog zupčanika.

Vratila na kojima se nalaze zupčanici se sijeku pod kutem od  $90^\circ$ , a zubi zupčanika su ravni. Zupčanici unutar prijenosne kutije su iste veličine, te pretvaraju horizontalno gibanje u vertikalno, da bi se onda vertikalno gibanje također sustavom koničnih zupčanika unutar pete vertikalno pretvorilo u horizontalno gibanje (okretanje brodskog vijka).



Slika br.3. Konični zupčanici

Prijenosnu kutiju izradili smo od plastike debljine 25 mm, a veličine stranica su bile 100x100. Zbog nedovoljne količine plastike, četvrtu stranicu smo izrezali od aluminijske pločice, te smo je postavili na poprečne stranice kutije uz pomoć utora koje smo napravili na njima. Nakon toga smo cijelu prijenosnu kutiju učvrstili vijcima. Prijenosnu kutiju nismo zatvorili sa svih 6 strana, već samo sa 4 da bi u slučaju tehničkih poteškoća mogli lakše otkriti slučaj kvara. Za vrijeme natjecanja, sa prednje i stražnje strane smo je zatvorili sa duck tape-om da bi onemogućili slučajni kontakt sa vodom.

Samu prijenosnu kutiju smo učvrstili za poprečni nosač koji nosi azipod uz pomoć U-profila kojeg smo izradili od ostataka aluminijske konstrukcije. Od tri aluminijska profila smo kutnim zavarima napravili U-profil koji smo onda vijcima spojili za prijenosnu kutiju, te poprečni nosač azipoda. Unutar prijenosne kutije postavili smo dva vratila, te ih postavili na stranice kutije uz pomoć ležajeva. Na horizontalno vratilo smo sa vanjske strane kutije zavarili lančanike od bicikle zajedno sa natezačem lanca te povezali sa velikim lančanikom na osnovnoj osovini. Natezač lanca smo još dodatno učvrstili oprugom za U-profil da omogući bolje zatezanje lanca. Osnovnu osovinu smo postavili sa donje strane uzdužnih nosača, također s ležajevima. Na nju smo zavarili jedan veliki lančanik smješten na sredini osovine spojen sa prijenosnom kutijom te dva manja lančanika smještena uz lijevi i desni rub spojeni sa lančanicima na kojima se nalaze pedale. Prijenosni omjer sa velikih lančanika sa pedalama na manje lančanike na osovini je 3:1. Lančanike sa pedalama smo postavili s gornje strane uzdužnih nosača, a samu poziciju smo odredili prema udaljenosti od sjedala sukladno sa visinom vozača.



Zbog neplanirano odužene izrade trupova odustali smo od izrade sjedala vozača od ugljičnih vlakana (karbona) prema kalupu pa nam je tehnička služba fakulteta ustupila gornje drvene dijelove stolica koje su bile na popravku.

Dvije drvene stolice smo vijcima spojili za aluminijski profil smješten između dva poprečna nosača, na koji ćemo kasnije postaviti i sustav za kormilarenje.

Sustav za kormilarenje na prošlogodišnjem vodociklu Zvizda je bio izrađen od sustava dva zupčanika od kojih je jedan bio smješten na samoj peti motora, a drugi kod volana bicikli. Ove godine smo napravili pojednostavljeni sistem, da bi si olakšali izradu i smanjili težinu.

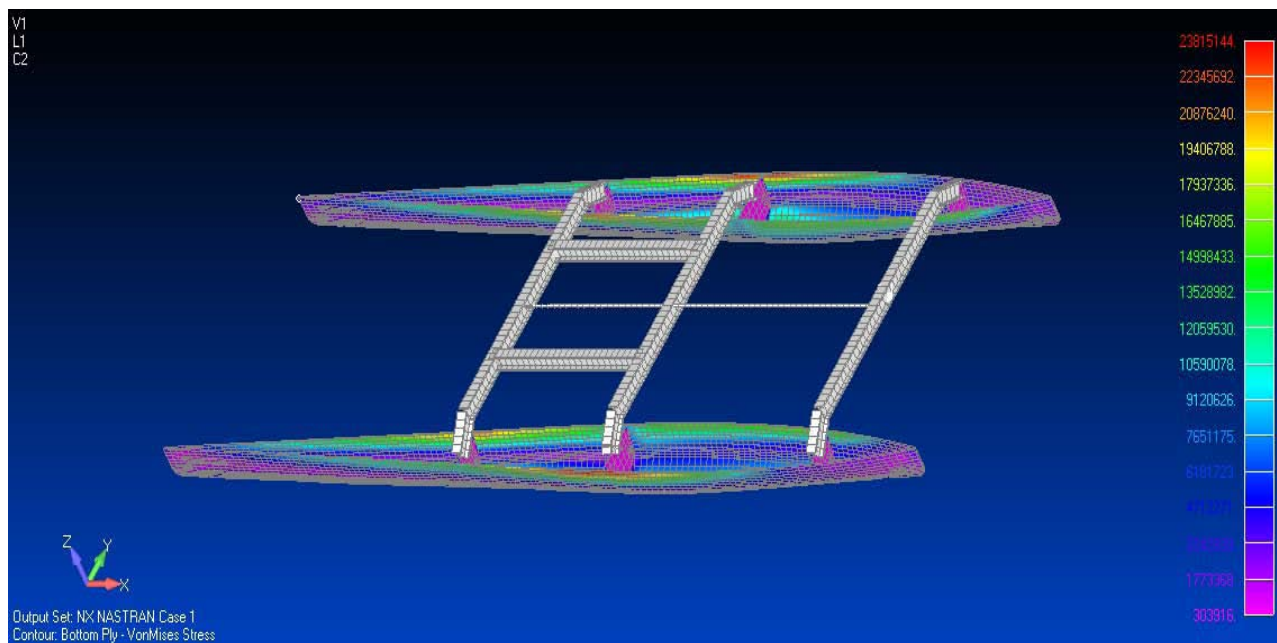
Upravljački sustav smo napravili od 2 remenice izrađene od bakelita na kojima smo izbušili utore kroz koje smo provukli špage, koje bi preko trenja okretale remenice i omogućavale okretanje za 360°. Jednu remenicu smo smjestili na aluminijski profil između dva vozača na način da smo ga spojili sa cijevi koja leži u široj cijevi omogućujući joj okretanje unutar šire cijevi. Na širu cijev smo zavarili tig postupkom aluminijsku pločicu, koju smo onda vijcima spojili sa remenicom. Širu cijev smo postavili uz poprečni nosač tako da smo dvije navojne šipke iskrivili prema obliku cijevi te ih provukli kroz poprečni nosač i učvrstili maticama. Na taj način smo fiksirali širu cijev za poprečni nosač. Na užu cijev smo sa gornje strane stavili graničnik da drži remenicu na visini koja je paralelna sa drugom remenicom, smještenom između pete motora i prienosne kutije. Postavljanjem sustava za kormilarenje bili smo gotovi sa izradom našeg vodocikla, te smo mogli započeti testiranje.

Testirali smo plovnost vodocikla, sustav za propulziju, sustav za kormilarenje te otpor broda uz pomoć dinamometra. Već na početku testiranja utvrdili smo da sustav za kormilarenje, zamišljen uz pomoć špage i remenica neće funkcionirati jer ne dolazi do konstantnog trenja preko remenica i pojavljuje se prazni hod (okretanje kormila za određen okret nije jednako okretanju pete motora za isti okret). Zbog nedostatka vremena, i kretanja na put za Njemačku, nismo stigli napraviti neki novi sustav, pa smo umjesto špage kroz remenice provukli čeličnu užad koje se pokazalo mnogo boljim od prijašnjeg.

## 5. Rezultati



Slika br.4. Vodocikl "Kajzer" (Catia)



Slika br.5. Proračun čvrstoće (Nastran)



Slika br.6. Nosači (crne boje) postavljeni na poprečna ojačanja



Slika br.7. Aluminijska konstrukcija postavljena na nosač





Slika br.10. Zavarivanje lančanika za osovinu



Slika br.11. Konstrukcija spojena sa trupovima



Slika br.12. Postavljanje sustava za kormilarenje



Slika br.13. Kormilo postavljeno na uzdužnom profilu



Slika br.14. Prijenosna kutija i remenica unutar U-profila



Slika br.15. Prijenosna kutija s prednje strane



Slika br.16. Postavljene stolice i lančanici sa pedalama



Slika br.17. Testiranje otpora vodocikla uz pomoć dinamometra



Slika br.18. Vodocikl Kajzer na natjecanju u Hamburgu



## 7. Zaključci

Odrađivanje prakse u projektnom timu za izradu vodocikla, meni kao studentu strojarstva veoma je dobro došlo za upoznavanje suvremenih metoda izrade u brodogradnji. Moj smjer na studiju se razlikuje u mnogočemu od smjera brodogradnje, tako da sam ovim timskim radom mnogo toga naučio, iskoristio svoja stečena znanja u računalnim programima i nadam se uvelike pomogao timu da zajedno izradimo vodocikl. Izrada vodocikla se odvijala paralelno sa predavanjima, i mi smo zadovoljni da smo uspješno odrađivati i obaveze na fakultetu. Veoma sam zahvalan i profesorima mentorima koji su nas vodili na pravi put tijekom izrade i ukazivali na moguće probleme, te tehničkoj službi koja nam je stajala na raspolaganju kada bi zapeli. Zadovoljni smo postignutim rezultatima na natjecanju u Hamburgu, gdje smo sa novim vodociklom uspješno napravili bolji plasman nego sa prošlogodišnjim. Naravno, ovdje nije kraj, nastojati ćemo poboljšati vodocikl za daljnje uspjehe sa njim u budućnosti.

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

**Potpis studenta:**

\_\_\_\_\_

**Potpis industrijskoga mentora:**

\_\_\_\_\_