

**UNIVERZITET CRNE GORE  
MAŠINSKI FAKULTET**

**VIJEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA U PODGORICI**

**PREDMET: IZVJEŠTAJ O PREGLEDU I OCJENI MAGISTARSKOG RADA**

Odlukom Vijeća Mašinskog fakulteta u Podgorici br. 1753 od 29.08.2019. godine imenovani smo za članove komisije za pregled i ocjenu Magistarskog rada kandidata **Vuka Kovijanića spec.sci.maš**, pod nazivom:

**“ FUNKCIONALNA APLIKACIJA ZA PRORAČUN OSNOVNIH PARAMETARA  
MALIH HIDROELEKTRANA “.**

Na osnovu pregledanog magistarskog rada i uslova utvrđenih Zakonom o visokom obrazovanju i Statutom Univerziteta Crne Gore, podnosimo sledeći:

**I Z V J E Š T A J**

Magistarski rad kandidata Vuka Kovijanića pod nazivom **“FUNKCIONALNA APLIKACIJA ZA PRORAČUN OSNOVNIH PARAMETARA MALIH HIDROELEKTRANA“** izložen je na 68 stranica A4 formata, sa 29 slike, dijagrama i grafika i 8 tabela. Materijal magistarskog rada je sistematizovan u osam poglavlja:

1. Uvodna razmatranja;
2. Male hidroelektrane u Crnoj Gori;
3. Opis funkcionalne aplikacije za proračun osnovnih parametara kod mHE;
4. Stacionarni proračuni kod mHE;
5. Nestacionarni proračuni kod mHE;
6. Odabir optimalnog rješenja;
7. Osvrt na druge softvere i poređenje sa njima;
8. Zaključci sa predlogom za dalja istraživanja.

**1. KRATAK PRIKAZ RADA**

U uvodnom dijelu je opisana problematika koja je obrađena u magistarskom radu, kao i značaj i opravdanost njenog istraživanja.

Realizovani projekti iz sprovedenih tendera za izdavanje koncesija za izgradnju malih hidroelektrana, zakonska regulativa i strategija Vlade Crne Gore za izgradnju postrojenja na obnovljive izvore energije su obrađeni u drugom poglavlju magistarskog rada.

U trećem poglavlju magistarskog rada je detaljno opisana funkcionalna aplikacija za proračun osnovnih parametara kod mHE. Opisan je postupak numeričkog rješavanja stacionarnih i nestacionarnih proračuna iz ove oblasti. Podloga za rješavanje stacionarnih i nestacionarnih proračuna je program MS EXCEL®, koji uz primjenu naprednih logičkih funkcija i makroa iz

programskog jezika *Visual Basic for Applications*, omogućava iterativno rješavanje numeričkih proračuna prelazni režima u dovodnim sistemima kod malih hidroelektrana.

U četvrtom poglavlju su opisani stacionarni proračuni iz oblasti hidrologije, hidrotehnike, hidromehanike, elektro-mašinstva i ekonomije koji su uzajamno povezani i skupa čine jaku osnovu za pronalaženje najpovoljnijeg hidroenergetskog rješenja za iskorišćenje analiziranog vodotoka.

U petom poglavlju su izvedene osnovne jednačine prelaznih procesa u hidrauličkim sistemima i opisana je metoda karakteristika, kao jedna od osnovnih metoda za numeričko rješavanje parcijalnih diferencijalnih jednačina hiperboličkog tipa. U ovom poglavlju su takođe dati i neki od graničnih uslova koji se mogu sresti u hidrauličkim sistemima, kao i njihove odgovarajuće jednačine kompatibilne sa karakterističnim jednačinama prelaznih procesa koje su pogodne za numeričko rješavanje.

U šestom poglavlju prikazan je postupak odabira najoptimalnijeg rješenja koršenjem aplikacije za rešavanje stacionarnih i nestacionarnih proračuna. Kako bi se došlo do optimalnog rješenja, korisnik aplikacije sprovodi analizu više varijantnih rješenja kroz sve navedene oblasti i odlučuje se za varijantno rješenje koje je finansijski najopravdanije uz poštovanje svih definisanih kriterijuma.

U sedmom poglavlju opisani su neki od komercijalnih softvera koji se primjenjuju za sprovođenje proračuna kod malih hidroelektrana i dato je poređenje sa funkcionalnom aplikacijom iz magistarskog rada.

U zadnjem poglavlju dati su zaključci kojima je predstavljena izrađena funkcionalna aplikacija kao i predlozi sa kojima bi se ista unaprijedila.

## **2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA**

Predmet ovog magistarskog rada je kreiranje funkcionalne aplikacija koji u sebi objedinjuje sve potrebne osnovne analize u cilju donošenja zaključaka o optimalnom iskorišćenju vodotoka izgradnjom male hidroelektrane. U procesu rada čiji je glavni ishod izgradnja male hidroelektrane, od velikog je značaja imati uvid u potencijalno ekonomsko isplativa rješenja uz potpuno ispunjavanje ekoloških i tehničkih kriterijuma. Značaj izrade funkcionalne aplikacije je u tome što ubrzavanjem procesa izrade rešenja se dobija na vremenu, na osnovu raspoloživih podataka brzoj procjeni potencijala vodotoka kao i donošenju optimalnog rješenja kod odabira tehničkih parametara malih hidroelektrana. Stoga, cilj ovog magistarskog rada je kreiranje aplikacije koja se može koristiti kao osnova za napredan i ozbiljan rad u oblasti malih hidroelektrana.

## **3. PRIMIJENJENE METODE**

Za izradu magistarske teze korišćene su analitičke i numeričke metode kao i metoda analize i metoda klasifikacije.

#### 4. DOBIJENI REZULTATI I ZAKLJUČCI O REALIZOVANIM ISTRAŽIVANJIMA

U ovom magistarskom radu kreirana je aplikacija koja uspješno rješava stacionarne i nestacionarne proračune osnovnih elemenata kod malih hidroelektrana, vodeći računa o eksploataisanju hidroenergetskog potencijala do izvodljivog maksimuma, uzimajući u obzir ekološke, ekonomske i tehničke kriterijume. Aplikacija je kreirana, organizovana i vizuelno oblikovana u programu MS EXCEL®, a uz primjenu naprednih logičkih funkcija i makroa (VBA) koji omogućavaju iterativno rješavanje određenih proračuna. Na ovaj način, aplikacija omogućava budućim korisnicima da veoma brzo i jednostavno dođu do primarnih analiza koje će im pomoći da optimizuju tehničku i finansijsku održivost potencijalnih projekata malih hidroelektrana.

Aplikacija pruža pomoć pri određivanju krive trajanja protoka razmatranog vodotoka, omogućava proračun i optimizaciju dovodnog sistema, određivanje neto pada, optimizaciju instalisanog protoka, odabir tipa turbine i broja agregata, određivanje preliminarnih dimenzija turbine, proračun godišnje proizvodnje, te sprovođenje finansijske analize i ispitivanje uticaja prelaznih procesa u dovodnom sistemu male hidroelektrane.

Ovaj rad utiče na povećanje stručnosti i efikasnosti mladih kadrova prilikom projektovanja i ubrzava proces učenja, kao i mogućnost informisanja o bitnim podacima iz oblasti hidroenergetike.

#### 5. ZAKLJUČAK I PREDLOG KOMISIJE

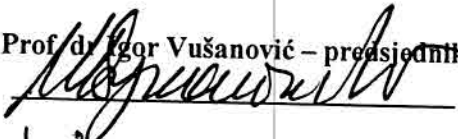
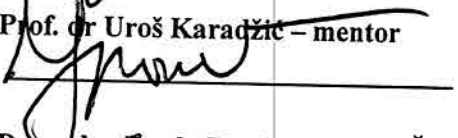
- magistarski rad pod naslovom **“FUNKCIONALNA APLIKACIJA ZA PRORAČUN OSNOVNIH PARAMETARA MALIH HIDROELEKTRANA”** odgovara temi prihvaćenoj od strane Vijeća Mašinskog fakulteta u Podgorici,
- kandidat je uspješno implementirao znanje stečeno na magistarskim studijama,
- kandidat je pokazao visok stepen samostalnosti uspješno prezentujući stanje u ovoj oblasti i koristeći dostupne informacije o ovoj problematici,
- prilikom istraživanja u okviru ovog magistarskog rada kreirana je aplikacija koja uspješno rješava stacionarne i nestacionarne proračune osnovnih elemenata kod malih hidroelektrana, vodeći računa o eksploataisanju hidroenergetskog potencijala do izvodljivog maksimuma, uzimajući u obzir ekološke, ekonomske i tehničke kriterijume.

*Na osnovu izloženog, Komisija predlaže Vijeću da se za rad pod naslovom:*

**“FUNKCIONALNA APLIKACIJA ZA PRORAČUN OSNOVNIH PARAMETARA MALIH HIDROELEKTRANA”** kandidatu *Kovijanić Vuku* odobri usmena prezentacija i odbrana rada.

Podgorica, 09. 09.2019. god.

Članovi komisije:

1. Prof. dr. Igor Vušanović – predsjednik  

2. Prof. dr. Uroš Karadžić – mentor  

3. Doc. dr. Esad Tombarević – član  


Crna Gora  
UNIVERZITET CRNE GORE  
FAKULTET  
MASINSKI

9. 09. 2019

| Prihvaćeno: | Org. jed. | Prilog | Vrijednost |
|-------------|-----------|--------|------------|
|             | 1848      |        |            |

**УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ  
ВИЈЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА – ПОДГОРИЦА**

**ОВДЕ**

**ПРЕДМЕТ: Извештај о прегледу и оцени магистарског рада**

Одлуком Вијећа Машинског факултета бр. 1754 од 02.09.2019. године, именовани смо у Комисију за преглед и оцену магистарског рада кандидата **Марка Лучића, спец. друмског саобраћаја**, под насловом:

**“МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА УСИСНОГ СИСТЕМА ПОГОНСКОГ АГРЕГАТА  
ФОРМУЛЕ СТУДЕНТ”**

На основу прегледаног магистарског рада и увида у услове утврђене Законом о високом образовању и Статутом Универзитета Црне Горе, Комисија подноси следећи

## **ИЗВЕШТАЈ**

Магистарски рад кандидата Марка Лучића, спец. друмског саобраћаја, под насловом: **“МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА УСИСНОГ СИСТЕМА ПОГОНСКОГ АГРЕГАТА ФОРМУЛЕ СТУДЕНТ”** изложен је на 119 страница А4 формата, са 55 слика, дијаграма и графика, 4 табеле у основном тексту и 9 прилога. Материјал магистарског рада систематизован је у 7 поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Нормативни оквир
4. Систем за усисавање ваздуха погонског агрегата
5. Циљеви при пројектовању система за усисавање ваздуха погонског агрегата и постављање нумеричке (CFD) симулације
6. Моделирање и оптимизација уисног система погонског агрегата **Формуле Студент**
7. Закључна разматрања

### **1. КРАТАК ПРИКАЗ РАДА**

У уводном делу рада објашњена је идеја **Формула Студент** пројекта, као и задаци који се постављају при пројектовању погонског агрегата, посебно уисне инсталације, ових возила.

Потом је дат преглед главних литературних извора, са посебним освртом на она универзитетска истраживања која су представљала концепцијски искорак при пројектовању уисне инсталације **Формула Студент** возила.

У трећем поглављу изложена су нормативна решења и захтеви из **Формула Студент**

правилника, који се тичу тематике магистарског рада.

Основни елементи система за усисавање ваздуха, њихова улога и задаци, анализирани су у поглављу 4.

Пето поглавље даје увид у добро познате математичке основе нумеричког моделирања турбулентних струјних процеса. CFD – *Computational Fluid Dynamics* модели турбуленције изложени су начелно, нешто детаљније широко кориштени  $k-\epsilon$  модел, кроз транспортне једначине турбуленције. Упоређење различитих модела и избор најпогоднијег за дату струјну конфигурацију нису вршени. Симулациони софтверски пакет ANSYS, кориштен у магистарском раду, описан је у свим главним појединостима: од моделирања геометрије флуидног домена, преко генерисања геометријске мреже, до избора/постављања граничних и почетних услова.

Методологија прорачуна и оптимизација усисне инсталације мотора, као најзначајнији сегмент магистарског рада, детаљно је изложена у обимном поглављу 6. Најпре је објашњен избор најпогодније концепције усисног система, а потом начин моделирања и одређивања оптималних конструкционих параметара усисних елемената. Нарочита пажња притом је посвећена најзахтевнијим, са инжењерског аспекта, компонентама: пригушнику ваздуха (рестриктору) и усисном колектору (пленуму). При симулацији струјних процеса у рестриктору кориштена је Тагучијева метода оптимизације експеримента и избора најповољније струјне конфигурације. Поузданост добијених резултата проверена је ANOVA методом статистичког тестирања. Пленум је оптимизован са становишта капацитета (радне запремине), за одабрану геометрију (тип) усисног колектора. Дужина и пречник уводника ваздуха (*runners*) дефинисани су из услова обезбеђења резонантног пуњења, за дати режим рада (број обртаја) мотора. На крају је симулирано струјање ваздуха кроз комплетан усисни систем, и издвојена она усисна конфигурација која обезбеђује највећи степен пуњења мотора и најравномернију дистрибуцију ваздуха по цилиндрима.

У закључку рада дате су препоруке за даља истраживања у предметној области.

## **2. НАУЧНИ ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Циљ рада је био да се успостави методологија прорачуна и оптимизације једне комплексне усисне инсталације, као основа за пројектовање усисног система погонског агрегата Формула Студент возила.

## **3. ПРИМЕЊЕНЕ МЕТОДЕ**

При изради магистарске тезе коришћене су: аналитичке и статистичке методе, нумеричке методе, методе компјутерског моделирања и оптимизације, и методе синтезе.

## **4. ОЦЕНА РЕАЛИЗОВАНИХ ИСТРАЖИВАЊА**

Прорачун и оптимизација сложене усисне инсталације погонског агрегата представља озбиљан инжењерски задатак. У оквиру Формула Студент пројекта, читави тимови младих инжењера/студената на универзитетима широм света раде на том проблему. Потребно је не само добро

познавати савремене компјутерске технике моделирања и симулације флуидне динамике, оптимизационе и статистичке методе, него и решавати низ "практичних" питања: од избора концепције усисног система и броја обртаја (режима рада) мотора на коме ће се оптимизација вршити, преко идентификације релевантних конструкционих параметара и критеријумских функција оптимизације, до третирања проблема променљивог пада притиска у инсталацији током радног циклуса мотора. Већина тих питања разрешавана је у оквиру овог магистарског рада, више или мање консеквентно. Простора за даља унапређења истраживања има, рецимо у домену примене вишекритеријумских оптимизационих метода. Али то не доводи у питање оцену да су у оквиру овог магистарског рада урађена обимна и за инжењерску праксу значајна истраживања.

## 5. ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

- Магистарски рад "Моделирање и оптимизација усисног система погонског агрегата Формуле Студент", кандидата Марка Лучића, спец. друмског саобраћаја, урађен је сагласно теми одобреној од стране Вијећа Машинског факултета УЦГ;
- При изради рада кандидат је успешно имплементирао знање стечено на магистарским студијама, па и више од тога;
- Кандидат је показао висок степен самосталности у раду и истраживачку знатижељу;
- Методологија прорачуна и оптимизације комплексне усисне инсталације, изложена у раду, фундаментални је корак у сложеном инжењерском задатку пројектовања усисног система погонског агрегата Формуле Студент возила.

На основу изложеног, Комисија предлаже Вијећу Машинског факултета да магистарски рад под насловом:

### "МОДЕЛИРАЊЕ И ОПТИМИЗАЦИЈА УСИСНОГ СИСТЕМА ПОГОНСКОГ АГРЕГАТА ФОРМУЛЕ СТУДЕНТ"

кандидата Марка Лучића, спец. друмског саобраћаја, *прихвати и одобри јавну усмену презентацију и одбрану рада.*

У Подгорици, 17.09.2019.

Чланови комисије:

1. Проф. др Радоје Вујадиновић, ванредни професор Машинског факултета у Подгорици

Доц. др Милан Шекуларец, доцент Машинског факултета у Подгорици

Проф. др Владимир Пајковић, ванредни професор Машинског факултета у Подгорици

|                                                         |            |        |            |
|---------------------------------------------------------|------------|--------|------------|
| Crna Gora<br>UNIVERZITET CRNE GORE<br>MAŠINSKI FAKULTET |            |        |            |
| Primljeno:                                              | 18.09.2019 |        |            |
| Org. jed.                                               | Broj       | Prilog | Vrijednost |
|                                                         | 1966       |        |            |