

**Наставно-научном већу
Факултета заштите на раду у Нишу
Универзитета у Нишу**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Зорана Марјановића, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета заштите на раду у Нишу, бр. 03-112/5 од 12.02.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под називом: „Истраживање алтернативних погона моторних возила”, кандидата мр Зорана Марјановића, дипломираног машинског инжењера.

На основу увида и анализе урађене докторске дисертације, комисија у саставу:

1. Др Властимир Николић, редовни професор Машинског факултета у Нишу, председник;
2. Др Александра Јанковић, редовни професор Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, члан;
3. Др Љиљана Живковић, редовни професор Факултета заштите на раду у Нишу, члан;
4. Др Ненад Живковић, редовни професор Факултета заштите на раду у Нишу, члан;
5. Др Миомир Раос, ванредни професор Факултета заштите на раду у Нишу, ментор, члан;

подноси Наставно-научном већу Факултета заштите на раду у Нишу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

о оцени урађене докторске дисертације кандидата мр Зорана Марјановића, дипл. маш. инж., под називом „Истраживање алтернативних погона моторних возила”

ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Мр Зоран Марјановић, рођен је 27. маја 1974. године у Крагујевцу. Основну и Средњу техничку школу завршио је у Крагујевцу. На Машинском факултету у Крагујевцу дипломирао је 2001. године. Последипломске студије Центра за интердисциплинарне и мултидисциплинарне студије и истраживања Универзитета у Крагујевцу уписао је школске 2003/04. године, а магистарску тезу одбранио је 2007. године. Као резултат научног рада кандидата публиковано је 56 радова на домаћим и међународним научним скуповима, два рада у домаћем часопису и један рад у часопису са IMPACT фактором. Списак публикованих радова кандидата, као и сами радови могу се видети на сајту: www.npao.ni.ac.rs/component/k2/item/1145-zoran-marjanovic

ПРИКАЗ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација под називом: „Истраживање алтернативних погона моторних возила”, кандидата мр Зорана Марјановића, дипломираног машинског инжењера изложена је на 216 страна формата А4. Основни текст докторске дисертације илустрован је са 95 слика и 61 табелом.

Рад је подељен на следећа поглавља: Увод (стр. 1÷21), Инжењерске особине алтернативних горива (стр. 22÷66), Инжењерске особине електричног погона (стр. 67÷89), Анализа еколошких захтева и стандарда за коришћење возила са алтернативним погоном са освртом на смањење емисије полутаната (угљен-диоксида) (стр. 90÷117), Моделирање и симулација комбинованог хибридног електричног возила (стр. 118÷154), Безбедносни ризици примене возила на алтернативни погон (стр. 155÷169), Економски ризици примене возила на алтернативни погон (кост-бенефит анализа) (стр. 170÷191), Закључак (стр. 192÷195) и Литература (стр. 196÷202).

У литератури докторске дисертације, наведена је 93 референца и 31 web адреса. Поред наведеног, докторска дисертација садржи и резиме на српском и енглеском језику, биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и изјаву о коришћењу.

У првом поглављу, *Увод*, укратко се образлажу идеје за израду овог рада, предмет, циљ и значај истраживања, поставке полазних хипотеза, дефинисање методе и начина реализације истраживања, као и објашњење очекиваног научног доприноса докторске дисертације. Посебна пажња посвећена је разлозима за примену алтернативног погона моторних возила. Кроз преглед еколошких разлога за примену алтернативног погона моторних возила код нас и у свету, кандидат је указао на значај смањења ефекта глобалног загревања планете коришћењем возила на алтернативни погон. Приказано је стање животне средине у Републици Србији, утицај саобраћаја на животну средину и узроци загађења у транспортном сектору. Правна регулатива као основ за примену алтернативног погона моторних возила базира се на обавезама које проистичу из Кјото протокола, EURO, ISO и SRB стандарда. Кандидат је указао на правну регулативу у области животне средине у Републици Србији, која је у основи у развоју, о чему сведоче разни постојећи и нови закони, уредбе Владе, као и упутства појединих ресора о поступцима елиминисања негативних утицаја човекових активности на животну средину. Политика одрживог развоја у погледу коришћења енергетских ресурса и ефекти гасова стаклене баште су главни разлози за истраживање и примену алтернативног погона моторних возила. Имајући ово увиду циљеви истраживања су: дефинисање техничких и еколошких параметара коришћења возила са алтернативним погоном са аспекта смањења емисије полутаната у вазуху, у складу са међународним и домаћим стандардима, као и упоредни приказ техничких и еколошких параметара алтернативног и бензинског/дизел возила. Хипотетички оквир истраживања афирмише тврдњу да моторна возила на алтернативни погон имају мању емисију загађујућих супстанци у односу на конвенционална бензинска/дизел возила, па су према томе и прихватљивија са становишта заштите и очувања животне средине.

Друго поглавље, *Инжењерске особине алтернативних горива*, садржи приказ физичко-техничких карактеристика алтернативних горива, важних за њихову примену у моторним возилима. Кандидат алтернативна горива дели према агрегатном стању на чврста, течна и гасовита горива. Чврста алтернативна горива нису посебно разматрана у овом раду јер њихово коришћење за погон мотора још увек није оправдано. Од течних алтернативних горива приказане су особине и карактеристике етанола, метанола, биодизела и алтернативног горива Р-серије. Гасовита алтернативна горива која се анализирају у овом поглављу су: водоник, течни нафтни гас и природни гас. У овом делу

рада приказани су и експериментални резултати мерења упоредних техничких карактеристика возила Југо 1,3 CW погоњеног на бензин и течни нафтни гас (систем ZAVOLI, мешач MDS 22/23,4 mm) које је кандидат добио испитивањем на постројењу динамометарских ваљака SCHENK LNC-0052 у Фабрици Застава аутомобили у Крагујевцу, током 2010/11. године. На карају поглавља, кандидат описује тренутно стање и перспективу примене алтернативних горива код моторних возила у Републици Србији са посебним освртом на течни нафтни гас, компримовани природни гас и биодизел као алтернативна горива која ће имати у наредним година највећу примену.

У трећем поглављу, *Инжењерске особине електричног погона*, приказана су моторна возила на електрични погон која су подељена на потпуно електрична возила (погон моторног возила је само електромотор) и хибридна електрична возила (погон моторног возила је комбиновани погон мотора СУС и електромотора). Описане су три врсте потпуно електричних возила (акумулаторска електрична возила, електрична возила са погоном на гориве ћелије и електрична возила на соларни погон) и хибридна електрична возила (са посебним освртом на комбиновано хибридно електрично возило - Тојоту Приус). Кандидат је урадио SWOT анализу за акумулаторска електрична возила, дао приказ тренутног стања и перспективе примене електричног погона возила у Републици Србији.

Четврто поглавље, *Анализа еколошких захтева и стандарда за коришћење возила са алтернативним погоном са освртом на смањење емисије издувних гасова (угљендиоксида)*, садржи анализу утицаја емитованих гасова из моторних возила на квалитет ваздуха у урбаном подручју. Како је наглашено највећи утицај на размере актуелног загађења из овог извора има број и технологија возила, као и потрошња и врста горива. Дат је табеларни преглед броја возила са различитим технологијама и количинама емитованих загађујућих супстанци (HC, NO_x, CO₂, SO₂, PM) у транспортном сектору Републике Србије за период 2001÷2012. година. Такође су приказани САД и Европски прописи о емисији из моторних возила као и еколошки захтеви за емисију угљендиоксида. Дате су квантитативне вредности смањења емисије појединачних загађујућих супстанци приликом коришћења хибридног погона возила са биодизелом, течним нафтним гасом, природним гасом, етанолом, метанолом и алтернативним горивом Р-серије у односу на возила са бензинским/дизел моторима.

У петом поглављу, *Моделирање и симулација комбинованог хибридног електричног возила*, објашњени су основни појмови који се односе на моделирање и рачунарску симулацију. Кандидат је развио детаљан математички модел комбинованог хибридног електричног возила. Моделиране су компоненте комбинованог хибридног електричног возила (динамика возила, пнеуматик, инерција, мењач променљивог степена преноса, диференцијал, мотор СУС, погон са синхроним машином, батерија, DC/DC конвертер, планетарни зупчасти преносник и блок управљање) и урађено њихово функционално повезивање. Сагледан је утицај свих релевантних елемената, као и све фазе рада комбинованог хибридног електричног возила. На основу оформљеног модела, развијена је рачунарска симулациона шема у Симулинку програмског пакета Матлаб. У овој шеми за комбиновано хибридно електрично возило од вредности улаза (Педале гаса и Нагиба пута) зависи излаз симулираног хибридног електричног возила (брзина возила). Валидацију симулираног комбинованог хибридног електричног возила, кандидат је урадио упоредивши времена убрзања симулираног возила са експерименталним вредностима времена убрзања возила Тојота Приус и тако показао да је виртуелно возило верно реалном. На крају поглавља, приказани су резултати симулације комбинованог хибридног електричног возила у урбаном подручју и при вожњи на отвореном путу.

Шесто поглавље, *Безбедносни ризици примене возила на алтернативни погон*, садржи таксативно набројане могуће безбедносне ризике и неопходне мере одржавања возила на алтернативна горива и електрични погон. У овом поглављу кандидат је, при разматрању безбедности и одржавања возила на алтернативни погон, посебну пажњу посветио компонентама алтернативних возила које се разликују од бензинских/дизел возила. То је разумљиво јер су безбедност и одржавање осталих делова алтернативних возила иста као код конвенционалних, па нису били предмет разматрања.

У седмом поглављу, *Економски ризици примене возила на алтернативни погон (кост-бенефит анализа)*, приказана је анализа трошкова и користи од употебе возила на алтернативна горива и електрични погон. У овом поглављу кандидат је покушао да да одговор на суштинско питање: да ли је препоручљиво увођење алтернативних возила у већем обиму од онога што је данас у Републици Србији и колики су ризици таквог подухвата. Креиран је теоријски кост-бенефит модел за случај увођења већег броја возила на алтернативни погон у градовима Србије, са посебним освртом на возила на алтернативна горива (течни нафтни гас, компримовани природни гас и биодизел) и возила на електрични погон (акумулаторска и хибридна електрична возила) јер ће она у будућности бити најзаступљенија у транспортном сектору. Кандидат је кост-бенефит анализом за возила на алтернативна горива, показао да примена биодизела није исплатива за потрошаче без одрицања државе од акциза (што је данас у Србији, због мањка новца у буџету, готово неизводљиво). Са друге стране, примена течног нафтног гаса у транспортном сектору Републике Србије је профитабилна за потрошаче, а посебно је профитабилан погон возила на компримовани природни гас. Када су у питању возила на електрични погон, кандидат, полазећи од бројних поједностављујућих претпоставки, закључује да увођење акумулаторских електричних возила није исплативо. За разлику од акумулаторских електричних возила, увођење хибридних путничких возила показало се профитабилно како за појединца тако и за друштво, а посебно је профитабилно увођење градских хибридних камиона и аутобуса. Кандидат долази до закључка да због економске исплативости за потрошаче погон возила на течни нафтни гас задњих година у Србији доживљава наглу експанзију, док је примена погона на компримовани природни гас (иако је профитабилнији), због лоше инфраструктуре (малог броја пумпних станица) тренутно у застоју. Такође, иако су хибридна електрична возила профитабилна у транспортном сектору, тренутно су слабо заступљена због њихове високе цене и мале куповне моћи становништва.

ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Након увида и анализе докторске дисертације под називом: „*Истраживање алтернативних погона моторних возила*”, кандидата мр Зорана Марјановића, дипл. маш. инж., Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације износи следеће:

1. Садржај докторске дисертације у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно научног већа Факултета заштите на раду у Нишу. Садржај је тако конципиран да омогућава јасно праћење резултата истраживања.
2. Докторска дисертација по садржају, начину обраде, обиму и сазнањима до којих се дошло, представља допринос теоријској и практичној анализи коришћења алтернативних погона моторних возила.
3. Тема докторске дисертације је савремена и актуелна јер су истраживања везана за смањење емисије гасова стаклене баште већ низ година присутна у светском истраживачком опусу. Свеобухватно научно истраживање еколошко-

- безбедносних карактеристика алтернативних погона у нашој земљи до сада није вршено.
4. Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата водећих светских истраживача у овој области, при чему је утврдио компаративне предности и недостатке појединих алтернативних погона моторних возила.
 5. Научни допринос докторске дисертације реализован је у следећем:
 - Дефинисани су технички и еколошки параметри коришћења возила са алтернативним погоном са аспекта смањења емисије полутаната у вазуху у складу са међународним и домаћим стандардима из ове области.
 - Развијен је детаљан математички модел комбинованог хибридног електричног возила, модели компоненти комбинованог хибридног електричног возила, њихово функционално повезивање и симулација рада у различитим режимима вожње, као и валидација тако симулираног комбинованог хибридног електричног возила. Значај ове процедуре огледа се у могућностима симулације најразличитијих режима вожње хибридног електричног возила, сагледавању и анализи резултата симулације без експерименталних истраживања.
 - Дефинисани су могући безбедносни ризици и неопходне мере одржавања возила на алтернативна горива и електрични погон, нарочито код компоненти које су специфичне за овај тип возила у складу са ЕСЕ нормама. Истраживање показује повољније безбедносне карактеристике примене алтернативних погона моторних возила у односу на возила са бензинским/дизел моторима, нарочито у делу електричног погона и пратеће инфраструктуре.
 - Спроведена је свеобухватна техноекономска анализа примене возила на алтернативни погон у поређењу са бензинским/дизел возилима у Републици Србији, при чему су анализирани параметри: цена, техничких карактеристика, утицаја на животну средину и емисију загађујућих супстанци, друштвене оправданости примене алтернативних погона, приходне стране државе, улагања у здравствену заштиту становништва итд.. Спроведена анализа има посебан значај јер нешто слично код нас није рађено.
 6. Резултати докторске дисертације, у теоријском и практичном смислу представљају оригиналан научни допринос валидације техничких и еколошких параметра коришћења возила са алтернативним погоном са аспекта смањења емисије полутаната у ваздуху, развоју модела комбинованог хибридног електричног возила, примени софтвера у циљу симулације рада у различитим режимима експлоатације и валидацији резултата. Научни допринос огледа се и у дефинисању и анализи безбедносних ризика, мера одржавања возила на алтернативна горива и електрични погон, као и у спроведеној *кост-бенефит анализи*, односно анализи трошкова и користи од употебе таквих возила.

У основи, допринос дисертације се огледа у:

- Анализи и систематизацији теоријских знања, иностране и домаће научне литературе из области алтернативних погона моторних возила,
- Анализи и дефинисању техничких и еколошких параметара употребе алтернативних погона моторних возила са аспекта смањења емисије полутаната у вазуху у складу са прихваћеним стандардима.

- Дефинисању и анализи особина различитих алтернативних погона, предности и недостатака, како међусобно тако и у односу на класичне бензинске/дизел погоне,
- Упоредној анализи прописа и стандарда о емисији полутаната из моторних возила,
- Креирању модела комбинованог хибридног електричног возила, примени софтвера, симулацији и валидацији модела у односу на реални модел,
- Дефинисању безбедносних ризика и мера одржавања возила на алтернативна горива и електрични погон,
- Развоју теоријског кост-бенефит модела за алтернативни погон моторних возила.

У практичном смислу примена алтернативних погона моторних возила доноси значајне бенефите, као што су:

- смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и повећање енергетске ефикасности, што је интенција политика и стратегија у свету у области заштите животне средине,
- остваривање политике одрживог развоја у погледу потрошње енергетских ресурса, планирања и стратегије развоја у области енергетике, као и могућности смањења енергетске зависности,
- очување и унапређење здравља и квалитета живота становништа, нарочито у урбаним срединама, као и економски бенефити добијени таквим уштедама,
- повећање безбедности у саобраћају.

7. Резултати докторске дисертације су представљени у часописима и саопштењима на домаћим и међународним научним скуповима, публиковањем 20 радова из области која је предмет докторске дисертације, од којих издвајамо:

- З. Марјановић, А. Јанковић, Б. Јеремић, *The cost-benefit analysis of electric and hybrid vehicles in the Serbian transport sector*, International Journal for Vehicle Mechanics, Engines and Transportation Systems, Vol. 35, No. 2, pp. 17-29, 2009. ISSN: 1450-5304, (M52).
- З. Марјановић, Р. Брзаковић, З. Пантелић Милинковић, *Biogas, LNG, Methanol and Etanol as the vehicle fuels*, International Congress Motor Vehicles & Motors 2010, Зборник радова, стр. 208-215, Машински факултет, Крагујевац, 7-9. октобар 2010. ISBN: 978-86-86663-57-3, (M33).
- З. Марјановић, Р. Брзаковић, *Безбедност возила на алтернативна горива*, Фестивал квалитета 2011, Зборник радова, стр. В31-В35, Машински факултет, Крагујевац, 19-21. мај 2011. ISBN: 978-86-86663-69-6, (M63).
- Д. Радоњић, З. Марјановић, Р. Брзаковић, *Modeling and simulation of a complex hybrid electrical vehicle*, Journal of society for development of teaching and business processes in new net environment in V&H, Vol.8, No.4, pp. 1699-1706, 2013. ISSN: 1840-1503, IF=0.414, (M23).
- З. Марјановић, М. Раос, Р. Брзаковић, *Редуkcија издувних гасова моторних возила употребом алтернативних горива*, Фестивал квалитета 2014, Зборник радова, стр. 53.1-53.9, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 22-23. мај 2014. ISBN: 978-86-6335-005-2, (M63).
- З. Марјановић, М. Раос, Ј. Радосављевић, Љ. Живковић, Н. Живковић, Е. Михајловић, *Reducing emissions of motor vehicles by using biofuel as propulsion fuel*, IV International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2014), Зборник радова, стр. 67-74, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, 15. октобар 2014. ISBN: 978-86-7672-234-1, (M33).
- З. Марјановић, М. Раос, Љ. Живковић, Ј. Радосављевић, Е. Михајловић, *Reduction of motor vehicles emission by using natural gas as an energy source*, FACTA UNIVERSITATIS Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 11, No 3, pp. 185-190, 2014. (M53).

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу изложеног, Комисија закључује да је кандидат мр Зоран Марјановић, дипломирани машински инжењер, у докторској дисертацији под називом: „Истраживање алтернативних погона моторних возила”, успешно остварио постављене циљеве и задатке и да су резултати истраживања значајни са теоријског становишта и са становишта њихове примене у пракси.

Комисија предлаже Наставно научно већу Факултета заштите на раду у Нишу да прихвати Извештај о оцени урађене докторске дисертације под називом: „Истраживање алтернативних погона моторних возила”, кандидата мр Зорана Марјановића, дипломираног машинског инжењера и одобри усмену, јавну одбрану.

У Нишу, 02.04.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Властимир Николић, редовни професор,
Машинског факултета у Нишу, председник, с.р.

Др Александра Јанковић, редовни професор,
Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, члан, с.р.

Др Љиљана Живковић, редовни професор,
Факултета заштите на раду у Нишу, члан, с.р.

Др Ненад Живковић, редовни професор,
Факултета заштите на раду у Нишу, члан, с.р.

Др Миомир Раос, ванредни професор,
Факултета заштите на раду у Нишу, ментор, члан, с.р.