

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА
У КРАГУЈЕВЦУ**

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу одржаној 22. 04. 2021. године (број одлуке: 01-1/1158-6) и на седници Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 12. 05. 2021. (број одлуке: IV-04-345/18) одређени смо за чланове Комисије за писање извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације:

**„Унапређење ефективности производних процеса применом ергономске
оптимизације индустријских радних станица”**

у научној области Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент, кандидата **Марије Савковић, дипломираног инжењера организационих наука**. На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

01-11/1796
11.06.2024 год
КРАГУЈЕВАЦ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеном нацрту докторске дисертације, кандидат је образложио предмет и циљ истраживања, истакавши значај и актуелност истраживања у области примене савремених ергономских метода и алата у унапређењу ефективности производних процеса. Унапређење ефективности производних процеса и њихова оптимизација, између осталог, може да се постигне кроз идентификовање, анализу и елиминисање ергономских ризика који могу да се појаве у току обављања репетитивних, монотоних активности монтаже делова и компоненти а који доводе до појаве мишићно-коштаних поремећаја и других професионалних обољења. Идеја је обезбедити потпуно задовољство и благостање радника на радном месту које је повезано са задовољством послом, залагањем и ангажовањем радника, тежњом да допринесу успеху организације итд.

Кандидат је истакао актуелност теме кроз одличну теоријску основу, преглед литературе и научни приступ проблему.

Пракса је показала да свака организација тежи да унапреди ефикасност и ефективност, оптимизује производне процесе кроз скраћивање времена такта, елиминисање губитака и трошкова у производном процесу итд., како би се успоставило континуирано унапређење пословања и побољшао квалитет производа. Грешке које настају у току извршења монотоних, репетитивних активности монтаже смањују квалитет производа доводе до смањења профита, смањења конкурентности, незадовољства и губитка купаца, и многих других негативних последица које се могу одразити на целокупно пословање предузећа.

Потреба за интензивираним и контунираним побољшањем ефикасности пословних процеса представља, без икакве сумње, један од најважнијих елемената пословне стратегије савремених индустријских система организованих на lean принципима управљања и организовања пословних процеса. Такође, Lean оријентисане организације настоје да остваре највиши ниво безбедности и здравља на раду, сведу повреде на раду, професионалне болести и болести у вези са радом на најмањи могући ниво и обезбеде оптимално ергономско радно окружење. У литератури као основни фактори ризика за развој професионалних болести и болести у вези са радом се наводе: лоши психосоцијални фактори на радном месту, психичко и емотивно преоптерећење радника, неадекватни ергономски услови у којима радници обављају активности и др.^{1,2}

Основни циљ примене мера из домена ергономије је да се радно окружење, алати неопходни за реализацију радних активности и радне активности прилагоде потребама радника како би се побољшале перформансе радника, смањиле повреде и болести у вези са радом, створило безбедније и пријатније радно окружење, побољшало физичко и ментално благостање и задовољство послом, продужио радни век и побољшао квалитет живота радника.

Мотивација за истраживање заснована је на чињеници да су лоше односно неадекватно дизајниране радне станице уобичајена појава у бројним организацијама^{3,4,5}. Послови монтаже на индустријским радним станицама најчешће се извршавају у неадекватним и нефизиолошким положајима тела током дужег временског периода. У зависности од сложености радног процеса, током спровођења радних активности који укључују спровођење низ прецизних активности јављају се одређени здравствени ризици који могу проузроковати појаву професионалних болести и у неким конкретним случајевима и повреде на раду. Ове послове карактеришу учестали понављајући покрети горњих екстремитета и висока фреквенција с обзиром да је време извођења једне операције мање од 30 секунди. Обављање ових монотоних, понављајућих покрета великом брзином захтева већи напор тетива, мишића и нерава на шакама и зглобовима и проузрокује прекомеран ментални и физички напор, умор, нелагоду, напор мишића подлактице, екстремних положаја зглоба, што даље повећава ризик од настанка мишићно-коштаних поремећаја.

¹ Shikdar A., Garbie I. (2011), Development of a Smart Workstation for an Assembly Task, in Proceeding of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 826–831

² Bevan (2015), Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe, Best Pract. Res. Clin. Rheumatol. 29, pp. 356–373, DOI: 10.1016/j.berh.2015.08.002, dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26612235>

³ Das B., Shikdar A., Winters T. (2007), Workstation redesign for a repetitive drill press operation: a combined work design and ergonomics approach, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, vol. 17, no. 4, pp. 395-410, DOI: 10.1002/hfm.20060

⁴ Resnick M. L., Zanotti A. (1997), Using ergonomics to target productivity improvements, Comput. Ind. Eng. 33, pp. 185-188, DOI:10.1016/S0360-8352(97)00070-3

⁵ Das B., Shikdar A. (1999), Participative versus assigned production standard setting in a repetitive industrial task: a strategy for improving worker productivity, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol. 5, no. 3, pp. 417-430, DOI:10.1080/10803548.1999.11076429

У пријави кандидата је наведено да мишићно-коштани поремећаји представљају најзаступљеније обољење код радника који обављају активности монтаже (око 60 % радника пати од ове врсте обољења) у земљама чланицама Европске уније. За ову групу обољења се везује највећи број изгубљених радних дана у току године (конкретно у државама чланицама ЕУ) и значајни финансијски губици у организацијама⁶ услед пада продуктивности и повећања трошкова услед повећаних изостанака са посла⁷. Прегледом литературе установљено је да у многим организацијама долази до пада продуктивности и учинка радника који обављају ручне, репетитивне послове монтаже у седећем положају услед појаве мишићно-коштаних поремећаја. Напрезање мишића пратиће се коришћењем методе електромиографије (ЕМГ). Стога, истраживање могућности смањења мишићно коштаних поремећаја и побољшања здравственог стања радника је од великог значаја у сваком предузећу.

Спровођење активности мануелне монтаже подразумева велики број понављања монотоних активности (радници у неким ситуацијама понављају једну исту операцију и по неколико хиљада пута током радне смене) и као такве захтевају будност оператера⁸. С обзиром да су ове активности монотоне и досадне и у неким ситуацијама физички захтевне, у току обављања активности код оператера долази до пада пажње и појаве менталног замора, а то повећава ризик од повреда на раду и појаве професионалних болести. Електроенцефалографија (ЕЕГ) омогућава директно мерење активности мозга у реалном времену и налази све већу примену у индустрији у процени когнитивног стања радника, мерења менталног оптерећења, поспаности, менталног замора и утврђивања да ли радник може да задржи пажњу током дужег временског периода. Производни циклуси на радним местима на којима се обавља манипулација деловима и компонентама и ручно склапање ових делова и компоненти су мали. Ови задаци се сматрају досадним, монотоним, заморним и без осећаја ентузијазма и задовољства урађеним. Последица тога је смањена продуктивност радника, лош квалитет производа. Од изузетне је важности да ова радна места буду добро ергономски дизајнирана. На важност ергономски прихватљивог дизајнираног радног окружења у којем се обављају репетитивни послови монтаже указују и бројни научно-истраживачки радови, које је кандидат навео у пријави теме докторске дисертације^{9,10}.

⁶ Nunes I., Machado V. C. (2007), Merging Ergonomic Principles into Lean Manufacturing, in: 2007 Industrial Engineering Research Conference, pp. 19-23

⁷ Cheshmehgaz H. R., Haron H., Kazemipour F., Desa M. I. (2012), Accumulated risk of body postures in assembly line balancing problem and modeling through a multi-criteria fuzzy-genetic algorithm, *Comput. Ind. Eng.*, 63 (2), pp. 503-512, DOI: 10.1016/j.cie.2012.03.017

⁸ Spath D., Braun M., Meinken K. (2012), Human factors in manufacturing, in *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, ed. G. Salvendy (New Jersey, NJ: John Wiley & Sons), pp. 1643-1666

⁹ Coury H. J. C. G., Alfredo Léo J., Kumar S. (2000), Effects of progressive levels of industrial automation on force and repetitive movements of the wrist, *Int. J. Ind. Ergonomics* 25, pp. 587-595

¹⁰ Neumann W. P., Kihlberg S., Medbo P., Mathiassen S. E., Winkel J. (2002), A case study evaluating the ergonomic and productivity impacts of partial automation strategies in the electronics industry, *Int J Prod Res* 40, pp. 4059-4075, DOI: 10.1080/00207540210148862

Све претходно изложено представља добру основу за истраживање и научни допринос у области индустријског инжењерства кроз развој Leap индустријске радне станице на којој би се обављале монотоне, понављајуће активности склапања која би била флексибилна тј. прилагодљива индивидуалним карактеристикама, способностима и ограничењима радника. Приликом дизајнирања и развоја нове индустријске радне станице биће узета у обзир антропометријска својства радника, како би ова радна станица погодна за особе мушког и женског пола тако да радници обављају активности монтаже у оквиру златне зоне. Златна зона представља област у нивоу струка радника (отприлике 30 центиметара испред). Ова зона је веома значајна јер се у овој зони минимизују покрети, досезање материјала, истезање и савијање с обзиром да су сви предмети, материјали, компоненте и алати распоређени у висини струка радника. У овој зони радници постижу највећу ефикасност и продуктивност. Смањење покрета, савијања и истезања даље доприноси смањењу напора мишића и самим тим смањењу могућности за повреду на раду и појаву професионалних болести (мишићно-коштаних обољења). Предложена нова радна станица ће уклонити проблеме који карактеришу традиционалну радну станицу. Примена ове ергономски дизајниране Leap радне станице могла би да резултира великим уштедама у трошковима и повећању продуктивности и ефикасности, квалитета производа и побољшању здравља и безбедности на раду радника, физичког и менталног благостања као и повећању њиховог задовољства.

Узимајући у обзир све претходно наведено, кандидат је предложио програм истраживања у наведеној области, који је у складу са савременим научним методама. Истраживање се заснива на експерименталним снимањима и примени напредних технологија Индустрије 4.0 (ЕЕГ и ЕМГ сензори) како би се пратила мождана и мишићна активност у току монтаже делова и компоненти, и утврдило оптерећење и напрезање мишића врата, руку и рамена, замор и пад пажње у току спровођења ових активности. Применом ЕМГ сензора утврдиће се када почињу да се јављају први симптоми мишићно-коштаних поремећаја и испитаће се учесталост појаве бола у различитим регијама тела како би могле да се предузму одговарајуће превентивне мере.

Предложена тема ове докторске дисертације фокусирана је на примену напредних ергономских метода (електрофизиологије и електромиографије) у циљу унапређења ефикасности и ергономске оптимизације индустријских радних станица и унапређења ефикасности процеса производње. Добијени резултати могу да буду од великог значаја, како у теоријском, тако и у практичном домену. Као додатни допринос дисертације истиче се предлагање мера које ће смањити ризик од повреда на раду и професионалних болести услед смањења физичког оптерећења и напрезања, затим побољшати здравствено стање радника уз смањење броја грешака током обављања радних активности односно повећати ниво квалитета готовог производа. Кандидат је предложио план истраживања у наведеној области, који је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживање се заснива на примени напредних ергономских метода (електрофизиологије и електромиографије) кроз експериментална испитивања, спровођењу опсервације, примени анкете.

Имајући у виду приказ проблема проучавања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни, да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос, значајан за даљи развој научних истраживања у области унапређења ефективности производних процеса и у области ергономије радног окружења.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у радове објављене на међународним конференцијама и научним часописима може се закључити да се у досадашњем научно-истраживачком раду и у оквиру пројеката на којима је ангажована кандидат Марија Савковић, бавила проучавањем проблема из области безбедности и здравља на раду, Lean производње и организације рада. Посебна пажња кандидата била је усмерена на побољшање безбедности и здравља радника, што се може лако констатовати увидом у објављене радове кандидата и радове који су у фази објављивања у научним и стручним часописима. Истраживачки рад кандидата Марије Савковић, дипломираног инжењера организационих наука, до сада је превасходно био усмерен на спровођење научних истраживања у домену побољшања перформанси и унапређења пословања, анализе тренутних пракси и унапређења безбедности и здравља радника као и на решавање различитих проблема у области индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента.

До сада, објављени радови кандидата и учествовање у реализацији пројекта финансираног од стране Иновационог фонда Републике Србије уско су повезани са претпоставкама које су наведене у предложеној докторској дисертацији. Стога се може сматрати да тренутни научно-истраживачки рад кандидата представља добар основ за реализацију ове докторске дисертације. При томе, предстојећа опсежна истраживања кандидата ослањала би се на претходна истраживања и публиковане радове, наведени у пријави теме кандидата.

Прегледом литературе је утврђено да је у оквиру бројних студија и научноистраживачких радова истраживан утицај понашања радника на учинак и перформансе^{11,12,13,14,15}.

Претходно наведени радови представљају представљају добру основу за даљи научни рад и развој теме докторске дисертације.

¹¹ Wygant R. M., White B. E. Hunt D. (1993), Combining ergonomics and work measurement for job analysis, *Comput. Ind. Eng.* 25, pp. 423-426

¹² Resnick M. L., Zanotti A. (1997), Using ergonomics to target productivity improvements, *Comput. Ind. Eng.* 33, pp.185-188

¹³ Shikdar A. A., Sawaqed N. M. (2004), Ergonomics, and occupational health and safety in the oil industry: a managers' response. *Comput. Ind. Eng.* 47, pp. 223-232, DOI:10.1016/j.cie.2004.07.004

¹⁴ Dul J., de Vries H., Verschoof S., Eveleens W., Feilzer A. (2004), Combining economic and social goals in the design of production systems by using ergonomics standards, *Comput. Ind. Eng.* 47, pp. 207-222

¹⁵ Xu Z., Ko J., Cochran D., Jung M. (2012), Design of assembly lines with the concurrent consideration of productivity and upper extremity musculoskeletal disorders using linear models, *Comput. Ind. Eng.* 62, pp. 431-441, доступно на: <https://core.ac.uk/download/pdf/17240632.pdf>

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет ове докторске дисертације представља напредно истраживање могућности за унапређење продуктивности, ефикасности и ефективности, и ергономску оптимизацију индустријских радних станица на којима се обављају мануалне радне активности монтаже. Истраживања која ће се реализовати у оквиру израде ове докторске дисертације биће усмерена на решавање идентификованих ергономских ризика и њиховог штетног утицаја по здравље радника који свакодневно обављају монотоне, репетитивне послове монтаже у седећем положају на индустријским радним станицама кроз примену напредних ергономских метода (електрофизиологије и електромиографије) у циљу унапређења ефективности и ергономске оптимизације индустријских радних станица. Такође, истраживања ће се фокусирати на доказивање да ће се на предложеној ергономски дизајнираној радној станици смањити ризик од повреда на раду и професионалних болести услед смањења физичког оптерећења и напрезања, побољшати здравствено стање радника и смањити број грешака током рада односно повећати ниво квалитета готовог производа. Кроз реализацију ове докторске дисертације планирано је да се истраживање спроведе у више корака.

Основни циљ дисертације је да се кроз развој и дизајн радне станице, применом напредних метода електро психофизиологије (Електроенцефалографија - ЕЕГ и Електромиографија - ЕМГ) идентификују потенцијални ергономски ризици који се могу јавити током извршења мануалних радних задатака монтаже. Ова радна станица је у потпуности усклађена са потребама, способностима и ограничењима оператера. Истраживања у оквиру ове дисертације имају за циљ да истраже могућности побољшања продуктивности и ергономску оптимизацију индустријских радних станица на којима се обављају мануелни понављајући послови монтаже имајући у виду унапређење безбедности и здравља радника и њиховог задовољства радним местом.

Основне полазне хипотезе које воде испуњавању циљева ове докторске дисертације настале су као резултат детаљног проучавања досадашњих истраживања и проучавања резултата других аутора и примене најновијих достигнућа и сазнања у областима безбедност и здравље на раду, ергономија и управљање индустријским процесима.

Основне хипотезе предложене дисертације су:

Хипотеза 1:

Узимајући у обзир индивидуалне антрополошке карактеристике сваког појединачног радника који обављају послове монтаже могуће је конструисати нову ергономски прилагодљиву Lean радну станицу.

Хипотеза 2:

Могуће је унапредити продуктивност и ефективност радника оптимизовањем индустријске радне станице на којој се обављају мануалне репетитивне радне активности применом ергономских принципа.

Хипотеза 3:

Могуће је унапредити задовољство радника на радном месту на редизајнираној индустријској Lean радној станици кроз приступ укључивања радника у процес унапређења (енг. Participatory ergonomics).

Хипотеза 4:

Могуће је смањити напрезање, нефизиолошки положај радника и ергономске ризике свеобухватно приликом симулирања извођења радних активности које укључују понављајуће операције монтаже мерењем психофизиолошких и неуроергономских показатеља применом ЕМГ-а и/или ЕЕГ-а.

Методе истраживања

У овој докторској дисертацији ће бити коришћене различите теоријске и експерименталне методе, алати и технике:

Развијени модел индустријске радне станице представљаће платформу на којој ће се спроводити сложена испитивања у току симулације извршавања реалних монотоних, репетитивних радних задатака монтаже у окружењу сличном реалном. Приликом дизајнирања радне станице биће узета у обзир чињеница да она буде флексибилна односно прилагођена индивидуалним карактеристикама и способностима радника, специфичним карактеристикама производа и радним активностима монтаже. Радна станица ће бити усклађена са Lean принципима и оператери на овој радној станици неће бити изложени повредама на раду и појави умора. Резултати добијени током рада на радној станици оваквог типа биће упоређени са резултатима спроведених радних активности на стандардним традиционалним радним станицама.

У току спровођења експеримента прикупљаће се параметри мишићне активности и замор мишића и мождана активност у току обављања активности монтаже помоћу ЕМГ и ЕЕГ сензора. Анализом прикупљених података установиће се који фактори проузрокују замор мишића током спровођења радних активности и који фактори утичу на смањење пажње радника. У току експеримента симулираће се спровођење активности на детаљно осмишљеном реалном примеру мануелних операција. У току спровођења активности склапања/ монтаже пратиће се време извршења активности. Праћењем времена потребног за извршење активности могуће је одредити ефективност радника. Експеримент ће се спроводити у условима који одговарају реалном окружењу под контролисаним микроклиматским условима.

Опсервација ће бити примењена током спровођења задатих радних активности у циљу праћења понављања истих покрета, идентификовања примене силе, напрезања, рада у неправилном положају или дуготрајног рада у истом положају, бележења података неопходних за израчунавање (одређивање) ефективности радника.

Истраживање задовољства учесника у току обављања мануелних активности на редизајнираној индустријској Lean радној станици ће бити спроведено преко анкете. Анкету ће попуњавати учесници у експерименту и структуру анкете ће чинити сет питања која ће бити везана за дизајн радне станице, обављање активности, радно окружење. За статистичку обраду података користиће се статистички програм SPSS. У овом сегменту

оставиће се простор и за субјективне/објективне сугестије од стране учесника у смислу могућих унапређења радног процеса и радне станице.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз осам поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Безбедност и здравље на раду и ергономија индустријских радних станица на којима се извршавају мануелне радне операције монтаже
3. Унапређена Lean индустријска радна станица
4. Психофизиолошки и неуроергономски показатељи у индустријској ергономији
5. Експериментална испитивања
6. Резултати експерименталних испитивања
7. Закључна разматрања и правци будућих истраживања
8. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

У нацрту докторске дисертације "**Унапређење ефикасности производних процеса применом ергономске оптимизације индустријских радних станица**" предвиђено је побољшање постојећих традиционалних индустријских радних станица са аспекта безбедности и здравља на раду и ергономије кроз развој нове lean индустријске радне станице. Највећи научни допринос се очекује у унапређењу и оптимизацији традиционалних индустријских радних станица на којима радници обављају мануелне радне активности у дуготрајном седећем/стајаћем положају и повећању ефикасности производних процеса кроз смањење времена извођења активности с обзиром да у доступној литератури није понуђено решење за ту врсту проблематике.

Кандидат Марија Савковић ће у својој докторској дисертацији обухватити све елементе савременог научноистраживачког рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

Повећање ефикасности производних процеса применом ергономске оптимизације индустријских радних станица представља веома актуелну тему, како за истраживаче, тако и за инжењере и стручњаке из индустрије. Унапређење производних процеса и унапређење безбедности и здравља радника представљају актуелни научни изазов што се може закључити и на основу великог броја публикованих научних радова из ових области. У пријави дисертације кандидат додатно представља могућности за унапређење ефикасности производних процеса и унапређење безбедности и здравља радника који обављају мануелне, понављајуће активности монтаже/ склапања компоненти и делова у финални производ.

Имајући у виду мали број истраживачких радова и студија које се баве праћењем и анализом психофизиолошких и неуроергономских параметара радника (праћење пажње,

будности, мишићне активности) у реалном времену може се констатовати да постоји простор за спровођење даљих истраживања у овој области.

На основу представљеног концепта и наведене литературе може се закључити да постоји велико интересовање за напредно истраживање могућности за унапређење ефективности производних процеса применом ергономске оптимизације индустријских радних станица. Узимајући у обзир технолошки прогрес и растуће потребе индустријске праксе за дигитализацијом и унапређењем производних процеса у Lean оријентисаним организацијама предложена докторска дисертација даће допринос у овој области.

Дисертација има практичан карактер јер применом резултата истраживања, који ће се добити у оквиру докторске дисертације оствариће се значајан допринос увођењу савремених напредних технологија у анализи ергономских ризика који могу изазвати професионалне болести или у одређеним случајевима повреде на раду.

Основни допринос дисертације може да се реализује кроз:

(1) конструкцију нове Lean индустријске радне станице која је у потпуности прилагођена индивидуалном антропометријским карактеристикама, потребама, способностима и ограничењима радника и на којој ће радници обављати активности у златној зони у којој је њихова ефикасност и продуктивност на највишем нивоу.

(2) смањење здравствених ризика који се могу јавити током извршења мануалних прецизних активности монтаже и који могу проузроковати појаву професионалних болести (мишићно- коштаних поремећаја) а у неким конкретним случајевима и повреде на раду.

(3) повећање ефективности производног процеса кроз скраћење времена извршења активности монтаже, смањење времена такта и времена циклуса узимајући у обзир чињеницу да адекватни ергономски услови остварују позитиван утицај на економске показатеље пословања- продуктивност, ефикасност и ефективност.

(4) побољшање безбедности и здравља радника кроз смањење ризика од повреда на раду и професионалних болести (мишићно-коштаних поремећаја и других обољења) услед смањења физичког оптерећења и напрезања мишића, применом савремених напредних технологија (ЕЕГ слушалице и ЕМГ сензори) које омогућавају праћење психофизиолошких и неуроергономских параметара радника (пажња, будност, мишићна активност) у реалном времену.

(5) смањење грешака у току обављања активности монтаже односно повећање нивоа квалитета готовог производа применом рока-уоке система

Експериментални део истраживања је добро осмишљен, а имплементација напредних технологија (ЕЕГ слушалице и ЕМГ сензори) гарантује квалитетне и прецизне резултате.

Предложена тема, образложени предмет рада и очекивани резултати докторске дисертације поседују елементе оригиналности, у научном и стручном смислу.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Марија Савковић ће у својој докторској дисертацији обухватити све елементе савременог научноистраживачког рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

Кандидат ће детаљно проверавати полазне хипотезе, теоријски, кроз анализу обимне литературе и извора, у већини случајева новијег датума и експериментално кроз решавање постављених реалних проблема за потребе индустрије. У достављеној пријави теме докторске дисертације кандидат је користио одговарајућу терминологију у доменима: ергономије, безбедности и здравља на раду, управљања индустријским процесима, организације рада.

Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Предложена научно-стручна литература је одговарајућа и актуелна. Кандидат је показао изузетну способност за селекцију и анализу литературних извора.

С обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из запажених недостатака и недовољне истражености проблема, добијени резултати представљаће оригинални допринос кандидата истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Кратка биографија кандидата

Марија Савковић је рођена 15.07.1984. године у Крагујевцу. Основно образовање је стекла у Основној школи "Милутин и Драгиња Тодоровић" у Крагујевцу. Након завршене основне школе уписала је Другу крагујевачку гимназију, општи смер и завршила са одличним успехом.

Факултет организационих наука Универзитета у Београду, смер менаџмент је завршила са просечном оценом 8,60 и стекла звање мастер инжењер организационих наука одбравивши рад "Промоција изнад линије- АТЛ" под менторством проф. др Велимира Штављанина. Затим је завршила мастер студије на Економском факултету Универзитета у Крагујевцу, смер Општа економија са просечном оценом 8,30. Мастер рад из предмета Контроверзе у макроекономији "Политика тржишта рада у земљама ЕУ и Србији" под менторством проф. др Гордане Марјановић, одбранила је оценом 10.

Докторске студије уписала је 2017. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, смер Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент. Положила је све испите предвиђене планом и програмом студија са просечном оценом 9,16.

b. Научно-истраживачки рад

У досадашњем научно-истраживачком раду кандидат Марија Савковић, дипломирани инжењер организационих наука, је проучавала проблеме из области безбедности и здравља на раду, ергономије и организације пословних система, а то се може констатовати увидом у објављене радове кандидата.

Кандидат је као аутор или коаутор публиковао 9 радова у часописима домаћег значаја, као и на међународним научним конференцијама.

• Списак објављених радова

M33 Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **Savković Marija**, Đapan Marko, Mačuzić Ivan, Todorović Petar, Radenković Milan, BARRIERS FOR IMPROVEMENT OF TRADITIONAL INDUSTRIAL SYSTEMS BASED ON AUTONOMOUS MAINTENANCE, 37. International Conference on Production Engineering - Serbia 2018 (ICPE - S 2018), Kragujevac, Serbia, 2018, 25-26. October, pp. 292-301, ISBN 978-86-6335-057-1
2. **Đapan Marko**, Mačuzić Ivan, Todorović Petar, Savković Marija, Radenković Milan, IMPROVING RESEARCHERS' QUALITY OF LIFE AND WORK AT UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC, 3rd International Conference on Quality of Life, Kopaonik, Serbia, 2018, 28th -30th November, pp. 175-180, ISBN 978 - 86 - 6335 - 056 - 4
3. **Savković Marija**, Đapan Marko, Mačuzić Ivan, Todorović Petar, Radenković Milan, Vukićević Arso, Mijović Nastasija, BARRIERS, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES TO IMPROVE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES IN SERBIA: CASE STUDY APPROACH, 13. International quality conference-quality festival 2019, Kragujevac, 2019, 29 May - 1 June, pp. 369-377, ISBN 2620-2832
4. Đapan Marko, Vukićević Arso, Mačuzić Ivan, Todorović Petar, Mijović Nastasija, **Savković Marija**, SAFETY 4.0: MODERN TALKING OR NECESSITY, 13. International quality conference-quality festival 2019, Kragujevac, 2019, 29 May - 1 June, pp. 349-354, ISBN 2620-2832
5. **Savković Marija**, Aleksić Aleksandar, Tadić Danijela, Komatina Nikola, Cvetić Tijana, THE ANALYSIS OF THE IMPACT OF RECYCLING EQUIPMENT IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY IN TERMS OF CIRCULAR ECONOMY, 13. International Quality Conference, Kragujevac, 2019, 30th May - 1st June, pp. 759-768, ISBN ISSN 2620-2832
6. Mijović Nastasija, Todorović Petar, Mačuzić Ivan, Đapan Marko, Vukićević Arso, **Savković Marija**, LIQUIDITY AS PERFORMANCE INDICATOR - THE IMPACT OF MARKET CHANGES AND MANAGERIAL DECISIONS, 13. International quality conference-quality festival 2019, Kragujevac, 2019, 29 May - 1 June, pp. 997-1003, ISBN 2620-2832
7. Cvetić Tijana, **Savković Marija**, Aleksić Aleksandar, Kostić Sonja, MARKET ANALYSIS IN THE REPUBLIC OF SERBIA FROM THE ASPECT OF THE

CIRCULAR ECONOMY IN THE ELV DOMAIN, 13. International quality conference-quality festival 2019, Kragujevac, 2019, 29 May - 1 June, pp. 861-868, ISBN 2620-2832

M53 Рад у научном часопису

1. **Savković Marija**, Nestić Snežana, Komatina Nikola, Mijović Nastasija: Analysis of performance and key performance indicators in the Lean companies, IETI Transactions on Engineering Research and Practice, 2019, ISSN 2616-1699, Vol.3, No.2, pp. 43-57, doi: 10.6723/TERP.201912_3(2).0004
2. Mijović Nastasija, **Savković Marija**, Measuring the performance of agile supply chain by using the theory of constraints, IETI Transactions on Engineering Research and Practice, Vol.3, No.2, pp. 58 - 64, 2019, ISSN 2616-1699, doi 10.6723/TERP.201912_3(2).0005

• Учесће у научноистраживачким пројектима

Кандидат учествује у реализацији једног научноистраживачког пројекта.

1. Назив пројекта: TP-35033 "Одрживи развој технологија и опреме за рециклажу моторних возила"

Координатор пројекта: Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Период реализације: 2011. – до данас.

Назив институције носиоца пројекта: Универзитет Привредна академија у Новом Саду, Факултет за економију и инжењерски менаџмент

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Марко Ђапан, доцент Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

• Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство

1. Arso Vukićević, Ivan Mačuzić, **Marko Djapan**, Miladin Stefanović, Safe-Tag Mobile: A novel JavaScript framework for real-time management of unsafe conditions and unsafe acts in SMEs, Safety Science, Vol.120, No.-, pp. 507-516, ISSN 0925-7535, Doi <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.024>, 2019, [M21]
2. **Djapan Marko**, Mačuzić Ivan, Tadić Danijela, Baldissoni Gabriele, An innovative prognostic risk assessment tool for manufacturing sector based on the management of the human, organizational and technical/technological factors, Safety Science, Vol.119, No.-, pp. 280-291, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.032>, 2019, [M21]
3. **Djapan Marko**, Tadić Danijela, Mačuzić Ivan, Dragojević Predrag, A new fuzzy model for determining risk level on the workplaces in manufacturing small and medium enterprises, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of

Risk and Reliability, Vol.229, No.5, pp. 456–468, ISSN 1748-006-, Дои <https://doi.org/10.1177%2F1748006X15581219>, 2015, [M22]

4. Tadić Danijela, **Djapan Marko**, Misita Mirjana, Stefanović Miladin, Milanović Dragan, A fuzzy model for assessing risk of occupational safety in processing industry, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, Vol.18, No.2, pp. 115-126, ISSN 1080-3548, <https://doi.org/10.1080/10803548.2012.11076922>, 2012, [M23]
5. Stefanović Miladin, Tadić Danijela, **Djapan Marko**, Mačužić Ivan, Software for occupational health and safety risk analysis based on fuzzy model, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, Vol.18, No.2, pp. 127-136, ISSN 1080-3548, <https://doi.org/10.1080/10803548.2012.11076923>, 2012, [M23]
6. Mačužić Ivan, Giagloglou Eva, **Djapan Marko**, Todorović Petar, Jeremić Branislav, Occupational safety and health education under the lifelong learning framework in Serbia, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE, Vol.22, No.4, pp. 514-522, ISSN 1080-3548, <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1153222>, 2016, [M23]
7. Nikola Komatina, **Marko Djapan**, Igor Ristic, Aleksandar Aleksic, Fulfilling External Stakeholders' Demands - Enhancement Workplace Safety Using Fuzzy MCDM, Sustainability, Vol.13, No.5, pp. 2892, ISSN 2071-1050, <https://doi.org/10.3390/su13052892>, 2021 [M22]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Марија Савковић, дипломирани инжењер организационих наука, испунила је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације треба да представљају оригинални научни допринос у области унапређења производних процеса са аспекта ергономије и безбедности и здравља на раду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

„Унапређење ефективности производних процеса применом ергономске оптимизације индустријских радних станица”

прихвати и одобри њену израду кандидату **Марији Савковић**, дипломираном инжењеру организационих наука

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Марко Ђапан, доцент Факултета инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
Јуна 2021. год.

КОМИСИЈА




др Иван Мачужић, ванредни професор,
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу – председник
Комисије

Ужа научна област: Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент



др Марко Ђапан, доцент,
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу – члан Комисије

Ужа научна област: Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент



др Данијела Грачанин, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду – члан Комисије
Ужа научна област: Производни и услужни системи, организација и менаџмент