

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

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 21.10.2021. године (број одлуке 01- 1/1520-8) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 19.05.2022. године (број одлуке IV-04-275/ 15) којом смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране

у научној области **машинско инжењерство**, ужа научна област **енергетика и процесна техника** кандидата **Александра Алексића**, дипл. инж. маш. На основу података којима располажемо достављамо следећи

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/2344

12.07. 2022 год.
КРАГУЈЕВАЦ

ИЗВЕШТАЈ

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

У предложеној пријави докторске дисертације, кандидат је образложио предмет истраживања, наводећи актуелност и значај истраживања декарбонизације у индустрији.

Индустријски сектор запошљава једну четвртину глобалне популације и креира око једну четвртину глобалног БДП-а. Производне активности које се одвијају у оквиру различитих индустрија имају одређени утицај на животну средину. Процене су да око 28% глобалних емисија гасова стаклене баште има порекло из индустрије. Уколико индустрија не буде успела да смањи своје емисије, на глобалном нивоу ће се јавити проблеми у остваривању циљева које су владе поставиле Париским споразумом из 2015, а који се односе на смањење нивоа емисије гасова стаклене баште за 80-95% до 2050. у односу на 1990. годину.¹

Према класификацијама DOE (*USA Department of Energy*) и IEA (*International Energy Agency*) прехранбена индустрија, односно технолошки процеси производње и прераде хране спадају у умерено енергетски интензивне процесе, који се најчешће одвијају у оквиру малих и средњих предузећа (МСП). У оваквим условима енергија често није на листи приоритета када се траже начини остваривања практичних уштеда, мада је заправо један од трошкова којима се најлакше газдује. Са друге стране употреба енергије има директан утицај на животну средину и подаци спроведених истраживања показују да производња хране и пића, спада у групу² CO₂ најинтензивнијих сектора. Не би требало заборавити ни глобални пораст популације,

¹Decarbonization of industrial sectors: the next frontier, McKinsey & Company, 2018
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20in%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>

² Производња челика, петрохемијских производа, цемента, керамике, стакла, папира и пулпе и хране и пића (A review of cross-sector decarbonisation potentials in the European energy intensive industry
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.036>

који изазива очекивања се да ће потражња за храном такође порасти и то за 60% до 2050. године³.

Ова група производних сектора доприноси са око 65% укупне емисије која потиче из индустрије у Европској Унији. Иако, у поређењу са осталим технолошким процесима из наведене групе, има најмањи интензитет емисије CO₂, технолошки процес производње и прераде хране је идентификован као један од кључних у процесу декарбонизације индустрије. Такође, представља и једну од области која се нашла у европској визији одрживог развоја животне средине (*Environmental Sustainability Vision Towards 2030*⁴).

Према Извештају о стању животне средине у РС за 2020. може се закључити да проблеми емисија из индустрије прераде и производње хране (не само CO₂, већ и сумпорних оксида, азотних оксида и суспендованих честица) настају, највећим делом, из термоенергетских постројења и везане застареле опреме у којој се одвија технолошки процес, праћено ниском енергетском ефикасношћу. С тога се, кроз опције за смањење емисија најчешће разматрају технологије за обезбеђивање процесне топлоте, индустријске пећи, когенерациона постројења и примена биомасе и других обновљивих извора енергије.

Када се говори о технологијама за производну процесне топлоте, примарни енергент у индустрији производње и прераде хране је природни гас. Процесна топлота која се користи у овом технолошком процесу је најчешће нискотемпературска, са температурама које често не прелазе 140°C. Ове чињенице говоре у прилог томе да би технологије као што су когенерациона постројења или топлотне пумпе могле допринети декарбонизацији. Имплементација когенерационих постројења могла би, према проценама допринети смањењу емисије од 5% до 15%, док би електрификација производње процесне топлоте, коришћењем топлотних пумпи могла допринети смањењу емисија до 57%. Електрификација пећи, у зависности од намене, може допринети смањењу емисија до 15%. Потребно је истаћи да електрификација производње топлоте има смисла када је интегрисана са производњом електричне енергије из ОИЕ. Биомаса као ОИЕ, може, у зависности од врсте технолошког процеса и коришћених сировина допринети смањењу емисије од 7 до 90% када се остаци производње користе као сировина за производњу енергије.

Крајњи циљ процеса декарбонизације индустријског постројења треба да буде остваривање тзв. карбонски (тј. CO₂) неутралне производње, која се одликује нето-нултом емисијом гасова стаклене баште. Остваривање поменутог стања, врло је тешко применом само техничких мера, па је потребно обавити неку врсту „компензације угљеничног отиска“.

Очекивани научни доприноси предложене докторске дисертације кандидата Александра Алексића су:

- преглед стања и систематизација резултата у подручју досадашњих истраживања,
- дефинисна методологија за декарбонизацију технолошког процеса производње и прераде хране,

³ A. Ladha-Sabur, et al., "Mapping energy consumption in food manufacturing" Trends in Food Science & Technology, vol. 86, pp. 270-280, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.034>

⁴ <https://www.yumpu.com/en/document/read/46865820/fooddrinkeurope-environmental-sustainability-vision-towards-2030>

- проширивање „каталога знања“ у области енергетске ефикасности, енергетског менаџмента и примене ОИЕ у прехранбеној индустрији.

Приложени предлог 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 енергетског менаџмента у индустрији.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у радове објављене у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама, може се закључити да су истраживања Александар Алексића била у вези са повећањем енергетске и еколошке ефикасности у индустрији. Рад у оквиру ове дисертације омогућиће кандидату да оствари континуитет у свом научно-истраживачком раду.

Кандидат је прикупио и анализирао велики број досадашњих публикација, представљених у међународним часописима и конференцијама. Предстојећа истраживања кандидата у области енергетског менаџмента у индустрији, ослањала би се, пре свега, на следећа истраживања:

(Gerres T. и остали, 2019.). Обзиром на чињеницу да су енергетски интензивне индустријске гране одговорне за две трећине емисија угљен-диоксида у индустрији у ЕУ, у овом прегледном раду су идентификоване и анализирани различите технике за могуће смањења емисије у енергетски интензивним индустријским гранама. Резултати показују значајна одступања у литератури у погледу очекиваног смањења емисија које је могуће постићи, али омогућавају да се идентификују области које су кључне за прелазак на енергетски интензивне нискоемисионе индустријске гране. Циљ овог рада је да се идентификују главне опције декарбонизације и њихова међусекторска примена за енергетски интензивне индустријске гране, како би се проценио потенцијал декарбонизације индустријског сектора као део стратегије декарбонизације до 2050 године⁵.

(Sovacool B. K. и остали, 2021.). Овај рад представља свеобухватан, критички и систематски преглед више од 350.000 извора доказа, као и кратку листу од 701 студије, на тему емисије гасова стаклене баште из индустрије хране и пића. У раду су идентификовани угљенично интензивни процеси у овој индустрији који се односе на све фазе производње хране и пића: снабдевање храном и пољопривреду, производњу, малопродају и дистрибуцију, као и потрошњу и употребу. Сем тога, за ове процесе одређен је енергетски и угљенични отисак који настаје при њиховом спровођењу. У раду се анализира више актуелних и нових опција и пракси за декарбонизацију, укључујући 78 потенцијално трансформативних технологија⁶.

(Maxime D. и остали, 2006.). Аутори из Владине Агенције за пољопривреду и предузећа прехранбене индустрије Канаде (Agriculture and Agri-Food Canada) развили су скуп једноставних и робусних индикатора еко-ефикасности у настојању да изграде оквир за одрживи систем канадске индустрије хране и пића. Предложени индикатори

⁵ Gerres, T., Avila, J.P.C., Lund, P. D., Llamas, P.L., & San Roman, T.G. (2019) A review of cross-sector decarbonisation potentials in the European energy intensive industry. *Journal of Cleaner Production*, 210, 585-601., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.036>

⁶ Sovacool, B.K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A., Rooney, D.(2021) Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 143, June 2021, 1108561, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110856>

се односе на: коришћење енергије, емисију гасова стаклене баште, коришћење воде и генерисање отпадних вода у предузећима прехрамбене индустрије, органске остатке и амбалажни отпад. Предложени индикатори еко-ефикасности су развијени на основу прикупљених података, процењених нивоа утицаја, географске локације и величине предузећа. Осим тога, наглашени су проблеми у добијању квалитетних и поузданих података у циљу спровођења мера заштите животне средине⁷.

(Dongellini M. и остали, 2014.). Да би се смањила потрошња енергије у циљу стварања услова за одрживу и енергетски ефикасну производњу, од суштинског је значаја континуирано спровођење енергетских прегледа. У овом раду су приказани резултати прелиминарних енергетских прегледа спроведених на 8 великих индустријских објеката познатог холдинга предузећа за производњу аутомобила у Италији. Потребна за топлотном енергијом је варијала од 6 до нешто више од 74 kWh/m³ годишње, међу различитим објектима на истој локацији. Енергетски преглед је омогућио да се изгради специфичан енергетски модел предузећа, који је искоришћен за анализу утицаја различитих мера које су примењене и циљу смањења потрошње топлотне енергије⁸.

(Gordić D. и остали, 2014). Како трошкови енергије и стално расту, индустријским постројењима (чак и онима у енергетски неинтензивним индустријама, као што је индустрија намештаја) је потребан ефикасан начин да смање количину енергије коју троше. Осим тога, постоји низ економских и еколошких разлога зашто би предузећа требало да размотре иницијативе за управљање животном средином. Овај рад даје детаљне смернице за имплементацију заједничког система управљања енергијом и животном средином у индустријском предузећу намештаја од дрвета. Он детаљно покрива све битне аспекте система: почетну процену система, организацију, развој енергетске политике, енергетске и еколошке прегледе, развој акционог плана, промоцију система, проверу учинка система и ревизију од стране менаџмента⁹.

(Josijević M. и остали, 2020.). Аутори су извршили систематизацију података из литературе о најчешћим могућностима (мерама) за повећање енергетске ефикасности у прехрамбеној индустрији (млекарима) и представили методологију за спровођење енергетских прегледа у млекарима засновану на стандарду ИСО 50002 која обухвата вишекритеријумску анализу за рангирање мера за повећање енергетске ефикасности. Предложена методологија је примењена на студију случаја млекаре у централној Србији. У разматраном случају, имплементација предложених мера за уштеду енергије може обезбедити од 11 до 15% уштеде електричне енергије и од 20 до 23% топлотне енергије на годишњем нивоу¹⁰.

(Ferreira С.С. и остали, 2019.). Последњих година, енергетски менаџмент је постао неопходан приступ у производним организацијама, будући да су се јавили економски (везани за све више трошкове енергије) и еколошки утицаји (повећана брига о емисији гасова стаклене баште и утицај на животну средину, оскудни природни ресурси, итд.).

⁷ Maxime, D. , 'le Marcotte, M., Arcand, Y. (2006) Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry, *Journal of Cleaner Production* 14, 636-648, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.015>

⁸ Dongellini, M., Marinosci, C., Morini, G.L. (2014) Energy Audit of an Industrial Site: A Case Study, *Energy Procedia*, Vol 45, pp 424-433, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.046>

⁹ Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D., Vukašinić, V. (2014) Integrating Energy and Environmental Management in Wood Furniture Industry, *The Scientific World Journal*, Vol 2014, Article ID 596958, 18 pages, <https://doi.org/10.1155/2014/596958>

¹⁰ Josijević, M. , Sustersic, V., Gordic, D. (2020) Ranking energy performance opportunities obtained with energy audit in dairies, *Thermal Science*, Volume 24, Issue 5 Part A, Pages: 2865-2878, <https://doi.org/10.2298/TSC1191125100J>

У раду су идентификовани критеријуми које треба узети у обзир при избору технологија у пројектима енергетске ефикасности. Критеријуми су сврстани у неколико група: технички, економски, управљачки и социјални. У раду је предложен процес подршке одлучивању базиран на методу виšekритеријумског доношења одлука, као помоћ у избору технологија које доприносе ефикасном систему управљања енергијом прилагођеном потребама производне организације ¹¹.

(Jagtap S. и остали, 2019.). Растућа цена и потражња за енергијом су значајна питања за прехранбени сектор, који троши знатну количину енергије у целом ланцу снабдевања. Стога, побољшање енергетске ефикасности постало је суштински приоритет за овај сектор. Међутим, већина прехранбених предузећа има ограничену свест о недавним технолошким напретима у праћењу енергије у реалном времену. Дакле, концепт Интернет ствари, (енг. Internet of Things IoT) је истражен како би се повећала видљивост, транспарентност и свест о различитим нивоима употребе енергије. Овај рад представља студију случаја у једном предузећу за производњу пића у Индији у коме примена IoT концепта довела до смањења потрошње енергије и значајних уштеда од приближно 163.000 kWh у 2017. години. С обзиром на значај енергетске ефикасности и примене IoT концепта, резултати овог истраживања су омогућили компанији да користи енергију ефикасније и да на тај начин оствари предност у односу на конкуренцију, а тиме и боље позиционирање на тржишту. Доступност и тачност ових података помогла је енергетским менаџерима да доносе боље одлуке у погледу енергетске ефикасности ¹².

(Ladha-Sabur A. и остали, 2019.). У овом раду су прикупљена и систематизовани литературни систематизовани подаци о употреби енергије у прехранбеној индустрији. Подаци о коришћењу енергије показују да инстант кафа, млеко у праху, помфрит, чипс и хлеб спадају међу енергетски најинтензивније прехранбене производе. Термички процеси укључени у њихову производњу чине велики део укупне енергије обраде ових производа. У сектору прераде меса и млека, потрошња енергије и употреба воде се повећала због пораста хигијенских стандарда и увођења нових прописа. Поред тога, месо и месни производи се прерађују на виши степен обраде ради погодности крајњег потрошача, што је повезано са повећањем потрошње енергије и воде за њихову производњу. Што се тиче превоза хране, више од 98% хране у Великој Британији транспортује се друмским саобраћајем, а пређене удаљености су се повећале последњих година. Превоз расхладним возилима, хладњачама, који је интензивнији начин хлађења од стационарних расхладних система, такође се повећао током протеклих година што неминовно доводи до повећања потрошње енергије, али и до повећања емисије гасова стаклене баште ¹³.

(Bonilla-Campos I. и остали, 2020.). Процена и побољшање енергетске ефикасности у производним процесима је кључно питање за компаније које желе да постану конкурентне на тржишту. Поред тога, постоје високе маргине техничког побољшања енергетске ефикасности за практично сваки сектор и сваку врсту индустрије. У литератури постоји много мера енергетске ефикасности, као и алата за процену енергетске ефикасности. Уклопити поменуте мере у одређени процес је компликован

¹¹ Ferreira, C.C., et al. (2019) Application of MCDM Method for Technologies Selection to Support Energy Management, *Procedia Manufacturing*, vol. 39, pp. 1289-1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.340>

¹² Jagtap, S., Rahimifard, S., Duong, L.N.K (2019) Real-time data collection to improve energy efficiency: A case study of food manufacturer, *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 00:e14338, pp. 1–7, Mar. 2019, <https://doi.org/10.1111/jfpp.14338>

¹³ Ladha-Sabur, A., et al. (2019) Mapping energy consumption in food manufacturing, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 86, pp. 270-280, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.034>

задачак, због различитих карактеристика и ограничења сваког специфичног производног процеса, али и због сложености неkontинуираних производних процеса, тако да свака предложена мера мора бити дубоко анализирана при примени. Сходно томе, овај рад представља интегралну анализу, оптимизацију процеса и алат за подршку одлучивању за процену имплементација мера за повећање енергетске ефикасности, што омогућава синергију која се може створити између различитих мера. Оптимално решење или комбинација различитих мера и њихово димензионисање омогућују постизање највиших нивоа енергетске ефикасности. У раду је акценован утицај синергије различитих мера на укупну енергетску ефикасност, при чему је анализирано неколико пакета мера за повећање енергетске ефикасност које су довеле до смањења потрошње енергије у распону од 21% до 50% ¹⁴.

(Woolley E. и остали, 2018.). Глобално, једна трећина потрошње енергије се може приписати индустријском сектору, при чему се до 50% троши као топлотна енергија. За разлику од материјалног отпада који је јасно видљив, отпадна топлота (енг. waste heat) се може тешко идентификовати и проценити у погледу квантитета и квалитета. Из тог разлога је веома битно правилно разумети доступност отпадне топлоте, као и могућност њеног поновног коришћења, да би се на тај начин сагледале могућности за смањење потрошње енергије, а тиме и смањили трошкови за енергију, као и пратећи утицаји на животну средину. У овом раду, развијен је оквир за поновно коришћење енергије отпадне топлоте кроз процену производних активности, анализу компатибилности извора и понора отпадне топлоте у смислу ексергијског баланса и временске доступности, као и даљу подршку менаџменту у одлучивању ради оцене економске исплативости ¹⁵.

Сем поменутих, кандидат ће користити и релевантну монографску литературу, техничке извештаје и примере најбоље праксе:

- Masanet, E., Therkelsen, P., Worrell, E.: Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the baking Industry, LBNL-6112E, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2012
- Turner, W. C., Doty, S., Energy Management Handbook: 8th Edition; Lulu.com, 2013
- Morvay, Z., Gvozdenac, D.: Applied Industrial Energy and Environmental Management; JohnWiley & Sons Ltd, 2008
- McKane, A., Industrial Energy Management; Issues Paper, Prepared for Expert Group Meeting: Using Energy Management Standards to stimulate persistent application of Energy Efficiency in Industry, Vienna, Austria, March 21-22, 2007 (https://www.unido.org/fileadmin/import/63563_EM_Issues_Paper031207.pdf),
- LDK Consultants Industrial Energy Audits and Trainig Programme, Technical Training. Material, Athens, 2003.
- Prasad, P., Pagan, R., Kauter, M., Price, N., Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry, Environmental Management Centre, The University of Queensland, St Lucia, Australia, 2004

¹⁴ Bonilla-Campos, I., et al., (2020) Energy efficiency optimisation in industrial processes: Integral decision support tool, Energy, vol. 191, 116480, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116480>

¹⁵ Woolley, E., Luo, Y., Simeone, A. (2018) Industrial waste heat recovery: A systematic approach, Sustainable Energy Technologies and Assessments, vol. 29, pp. 50-59, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.07.001>

- Pagan, R., Renouf, M., Prasad, P., Eco-Efficiency Manual for Meat Processing, Environmental Management Centre, The University of Queensland, St Lucia, Australia, 2002
- Prasad, P., Pagan, R., Kauter, M., Price, N., Eco-efficiency for the Queensland Food Processing Industry; Environmental Management Centre, The University of Queensland, St Lucia, Australia, 2004

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

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет рада на предложеној докторској дисертацији је дефинисање методологије за остваривање CO₂ неутралног технолошког процеса производње и прераде хране. Из дефинисаног предмета, следи да је општи циљ предложене докторске дисертације дефинисање методологије којим би се остварила одржива декарбонизација предузећа прехрамбене индустрије.

Специфични циљеви су:

- да се побољша тренутно стање научних сазнања о пракси енергетског менаџмента у индустрији у вези са:
 - индикаторима енергетске потрошње у различитим предузећима прехрамбене индустрије,
 - мерама за повећање енергетске ефикасности и могућностима коришћења обновљивих извора енергије (ОИЕ) у различитим типовима предузећа прехрамбене индустрије;
 - начинима компензације угљеничног отиска за различите енергетске субјекте.
- да се општа дефинисана методологија декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране примени на једно предузеће прехрамбене индустрије које послује на територији Републике Србије.

Основне полазне хипотезе предложене докторске дисертације, које су проистекле из дефинисаног циља и анализе досадашњих литературних извора у домену истраживања, сачињене су од следећих претпоставки:

- На начин остваривања карбонске неутралности једног индустријског предузећа прехрамбене индустрије најзначајније утиче специфична емисија угљен-диоксида електричне мреже на коју је индустријско предузеће прикључено,
- Смањење емисије гасова стаклене баште (изражено у тонама еквивалентног угљен-диоксида) настало због коришћења топлотне енергије највише зависи од предузетих активности на повећању енергетске ефикасности и доступних декарбонизованих извора топлотне енергије.
- Иако предузећа прехрамбене индустрије припадају групи умерено енергетски интензивних индустријских предузећа, за остваривање карбонске неутралности (нето нулте емисије) неопходна је компензација угљеника - куповина карбонских кредита.

Методe истраживања

Остваривање дефинисаног научног циља могуће је уз претходну детаљну теоријску анализу досадашњих научних истраживања у областима енергетске ефикасности и енергетског менаџмента у индустрији.

Методе које ће се користити при изради дисертације су:

1. ИО (*input-output*) анализа користиће се за квантитативну процену токова енергије и материјала (приступ одозго према доле). Ова анализа се заснива на примени енергетског прегледа према стандарду ISO 50002) у току којег ће се разматрати и одредити критична подручја (тзв. „центри потрошње енергије“) у постројењу за производњу и прераду хране. Због тога је неопходно детаљно мерење параметара процеса које ће се вршити коришћењем постојеће мерне опреме у предузећу у којем ће се спроводити студија случаја. Поред опреме инсталиране у предузећу, користиће се и преносива опрема којом располаже Факултет инжењерских наука и Регионални евро центар за енергетску ефикасност (термовизијска камера, ултразвучни мерач протока гасовитих/течних флуида, трофазни анализатор снаге, анализатор димних гасова, детектор цурења компримованог ваздуха, итд.). Референтне вредности индикатора енергетске ефикасности које су неопходне за упоредну процену (тзв. „бенчмаркинг“), биће одређене опсежном теоријском анализом која укључује систематизацију и критичке анализе релевантних искустава у међународним оквирима и примера најбоље праксе. На бази одређених вредности потрошње енергената у одређеном временском подручју, за израчунавање базног угљеничног отиска (емисије гасова стаклене баште у тонама еквивалентног CO₂) индустријског предузећа, користиће се фактор за прорачун специфичне емисије CO₂ за електричну енергију и коришћене енергенте.
2. Дефинисање мера за унапређење енергетске ефикасности процеса производње и прераде хране је комплексан задатак, због различитих карактеристика и ограничења које имају специфични производни процеси. Због тога је неопходно критички систематизовати и анализирати мере за смањење потрошње енергије и могућности за коришћење обновљивих извора енергије (ОИЕ) за различите типове предузећа и процеса у прехранбеној индустрији (прерада млека, прерада меса, производња пекарских производа, производња алкохолних и безалкохолних пића, производња биљних масти и маргарина, итд.). Ово подразумева идентификацију и евалуацију потенцијалних мера коришћењем опсежне теоријске анализе публикованих радова у релевантним часописима и на конференцијама, техничких решења, стандарда и примера добре праксе. Мере и активности које ће бити анализирани обухватају унапређење енергетске ефикасности електричне и топлотне опреме, употребу отпадне топлоте и складишта топлоте и употребу напредних расхладних циклуса и топлотних пумпи. Такође, биће испитана могућност коришћења одговарајућих технологија које ће омогућити употребу ОИЕ (биомаса, фотонапонски системи, соларно грејање, итд.) и њихову интеграцију у комбиноване циклусе за грејање и хлађење.
3. Генерално, у индустријском предузећу се поменуте мере рангирају према једном критеријуму (време повраћаја инвестиције). Међутим, рангирање ових мера узети у обзир многе различите економске, еколошке и социјалне критеријуме. Стога ће се за рангирање мера развити одговарајући

вишекритеријумски метод доношења одлука (енг. *Multi-Criteria Decision-Making MCDM*) који омогућава њихово одрживо рангирање (проиритизацију). Различите методе ће бити упоређене у смислу лакоће примене, тачности, употребљивости и биће изабране најприкладније (прикладне) за примену у прехранбеној индустрију.

4. За одређивање могућих сценарија компензације угљеничног отиска (енг. *Carbon Footprint Offsetting*), биће обављена екстензивна анализа релевантних учесника на карбонском тржишту. То подразумева, утврђивање листе пројеката (сврстаних у четири категорије: енергетска ефикасност; пошумљавање, употреба земљишта и пољопривреда; одлагање отпада и примена ОИЕ) у оквиру којих се може купити довољан број карбонских кредита за случај предузећа прехранбене индустрије.

Оквирни садржај докторске дисертације

Кандидат је планирао реализацију докторске дисертације кроз следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
3. Дефинисање методологије
 - Дефинисање индикатора енергетске потрошња у прехранбеној индустрији
 - Методологија израде детаљног енергетског прегледа у производним предузећима прехранбене индустрије
 - Израчунавање угљеничног отиска постројења (количина GHG у тонама еквивалентног CO₂)
 - Дефинисање, систематизација и приоритизација мера за повећање енергетске ефикасности у предузећу прехранбене индустрије
 - Анализа могућности коришћења ОИЕ у предузећу прехранбене индустрије
 - Компензација угљеничног отиска
4. Примена методологије (студија случаја)
5. Закључак
6. Литература

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

У нацрту предложене докторске дисертације предвиђено је да кандидат развије оригиналну методологију за остваривање карбонски неутралне производње у прехранбеној индустрији. Имајући у виду да не постоје публиковане студије у којој је предложена методологија коришћена, предложена дисертација ће бити од значаја у даљем развоју ове врло актуелне научне области.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране“ кандидата Александра Алексића, са образложеним предметом и циљевима рада, научним

доприносима и очекиваним резултатима, који су настали 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 Александар Алексић, дипл. инж. маш. је у предлогу докторске дисертације обухватио научне критеријуме, сходно светским стандардима научно-истраживачког рада. У достављеној пријави теме, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из области енергетике и енергетске ефикасности.

На основу приказа савремене доступне литературе, може се рећи да је кандидат показао способност анализе научних радова и утврђивања претпоставки за даља научна истраживања. Предмет истраживања, предложене хипотезе, као и методе истраживања дефинисани су уз поштовање научних принципа.

Приказани циљеви и методолошки приступ омогућавају добијање научно поузданих резултата, који ће омогућити извођење закључка у циљу научне провере дефинисаних хипотеза.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а) Кратка биографија кандидаткиње

Александар Д. Алексић је рођен 08.04.1972. године у Јагодини. Машински факултет у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука) уписао је школске 1991./1992. године. Дана 23.03.1998. године одбраном дипломског испита из предмета Транспорт цевима, на тему Пнеуматски транспорт угљене прашине (оценом 10), са просечном оценом у току студија 8,09, стекао је звање дипломираног машинског инжењера на смеру Процесна техника.

У периоду од јуна 1998. до септембра 2001. године, ради је у предузећу „Индустија каблова“ из Јагодине, као конструктор кабловске опреме и уређаја, одговоран за конструисање опреме за пуњење каблова заштитним масама, опреме за пнеуматски транспорт гранулата и друге процесне опреме. У периоду од септембра 2001. до августа 2010. године радио је као Технички директор у предузећу „Пуратос“ д.о.о., као руководилац одржавања производне линије за производњу маргарина и биљних масноћа и производне линије за производњу побољшивача за пекарску и кондиторску индустрију, укључујући и одржавање енергетских јединица (парног котла и амонијачног расхладног система), одговоран за праћење и анализу потрошње енергије (електричне енергије, природног гаса, компримованог ваздуха и воде). Учествовао је у спровођењу енергетских прегледа у регионалним Пуратосовим производним погонима (Румунија, Бугарска, Турска и Украјина). Од августа 2010. године до данас, ради као Менаџер операција и ланца набавке. Поред претходно наведених задужења Техничког директора, на овој позицији је добио задужења везана за управљање ланцем набавке, што укључује набавку сировина, планирање производње, праћење и планирање нивоа залиха, организацију и праћење транспорта робе ка дистрибутивним центрима, контролу и управљање радом дистрибутивних

центра.

Докторске академске студије, у трајању од три године уписао је школске 2019./2020. године као самофинансирајући студент на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, научна област Енергетика и процесна техника, под менторством проф. др. Душана Гордића. Све предмете предвиђене програмом, положио је са просечном оценом 9,83.

б) Научно истраживачки рад

До сада је ауторски или коауторски објавио 5 радова, од којих 3 у домаћим, 1 у међународном часопису и 1 на међународној конференцији.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Aleksić, A.**, Gordić, D., Šušteršič, V., Babić, M., Application of fat trap for the wastewater treatment in margarine production, *Desalination and Water Treatment*, Vol.57, No.8, pp. 3466–3472, ISSN 1944-3986, Doi 10.1080/19443994.2014.986529, 2014

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Gordić, D., Vukasinović, V., **Aleksić, A.**, Nesović, A., Introduction of Water Management in Food Production Plant: A Case Study Margarine Production Facility, *Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017)*, Debrecen, Hungary, 2017, 12-13 October, pp. 163-170, ISBN 978-963-473-304-1

Рад у водећем националном часопису (M51)

1. **Алексић А.** : Уклањање масноће и уља из отпадних вода у прехранбеној индустрији, *Енергетика* 2013, *Енергија, економија, екологија*, Vol.13, No.01-02, pp. 229-234, ISSN 0354-8651, 2013.
2. **Алексић, А.**, Гордић, Д., Бабић, М., Шуштершич, В., Анализа исплативости примене топлотне пумпе у производном предузећу средње величине, *Енергија, економија, екологија*, Vol.16, No.03-04, pp. 298-303, ISSN 0354-8651, 2014.
3. **Алексић, А.**, Гордић, Д., Бабић, М., Шуштершич, В., Могућност уштеде електричне енергије за потребе осветљења у производном објекту коришћењем ЛЕД уместо флуоресцентних цеви, *Енергија, економија, екологија*, Vol.17, No.03-04, pp. 112-116, ISSN 0354-8651, 2015.

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

Комисија предлаже да ментор ове дисертације буду др Душан Гордић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Проф. Душан Гордић је објавио преко 150 научних радова, од којих су 39 радова категорије M20. Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство су:

1. Vukašinović, V., **Gordić, D.**, Optimization and GIS-based combined approach for the determination of the most cost-effective investments in biomass sector, *Applied Energy*, Vol.178, No.15 September 2016, pp. 250-259, ISSN 0306-2619, Doi 10.1016/j.apenergy.2016.06.037, 2016 [M21a]

2. Vukasinovic, V., **Gordic, D.**, Zivkovic M., Koncalovic D., Zivkovic, D., Long-term planning methodology for improving wood biomass utilization, Energy, Vol.175, No.15 May 2019, pp. 818-829, ISSN 0360-5442, Doi <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.105>, 2019 [M21]
3. Aleksić, A., **Gordić, D.**, Šušteršič, V., Babić, M., Application of fat trap for the wastewater treatment in margarine production, Desalination and Water Treatment, Vol.57, No.8, pp. 3466–3472, ISSN 1944-3986, Doi 10.1080/19443994.2014.986529, 2016 [M22]
4. Josijevic, M., Sustersic, V., **Gordic, D.**, Ranking Energy Performance Opportunities Obtained with Energy Audit in Dairies, Thermal Science, Vol.24, No.5A, pp. 2865-2878, ISSN 2334-7163, Doi 10.2298/TSC1191125100J, 2020 [M23]
5. Nikolić, J., **Gordić, D.**, Jurišević, N., Vukašinović, V., Milovanović, D., Energy auditing of indoor swimming facility with multi-criteria decision analysis for ranking the proposed energy savings measures, Energy Efficiency, Vol 14, Art. no 36, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12053-021-09949-w>, 2021 [M22].

ЗАКЉУЧАК КОМИСИЈЕ

Александар Алексић, дипломирани машински инжењер, испунио 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 требало би да представљају оригинални научни допринос у области енергетске ефикасности и енергетског менаџмента у индустрији.

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


„ДЕКАРБЕНИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И ПЕРЕРАДЕ ХРАНЕ“

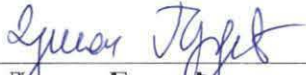
прихвати и одобри њену израду кандидату **Александру Алексићу, дипломираном машинском инжењеру.**

Комисија предлаже да ментор ове дисертације буду др Душан Гордић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу и Новом Саду, 04.07.2022.

КОМИСИЈА


др **Владимир Вукашиновић**, доцент - председник Комисије
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



др Душан Гордић, редовни професор - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



др Младен Јосијевић, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



др Небојша Јуришевић, научни сарадник - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Научна област: Техничко-технолошке науке - енергетска ефикасност



др Бранка Гвозденац Урошевић, ванредни професор - члан
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду
Ужа научна област: Енергетика у машинству