

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

791/5
(Број захтева)
02.10.2025.
(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

ПАРАМЕТАРСКО ПОДЕШАВАЊЕ МРЕЖЕ У CFD ПРОРАЧУНИМА СА ПРИМЕНОМ У АНАЛИЗИ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ БРОДОВА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: Бродоградња)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: Матија (Небојша) Васиљев
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2018.
4. Година уписа на докторске студије: 2021.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Милан Калајџић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Momčilović N., Ilić N., **Kalajdžić M.** (2025), Evaluating the structural integrity of novel deckhouses on tanker ships under extreme conditions, Structural integrity and life, vol. 25, no.1, pp. 19-26.DOI: <https://doi.org/10.69644/ivk-2025-01-0019>, IF 2023: 0.9 M22
2. Vasilev M., **Kalajdžić M.**, Momčilović N. (2024), On energy efficiency of tankers: EEDI, EEXI and CII, Ocean Engineering, vol. 317, 120028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.120028>, IF 2024: 5.6 M21a
3. Momčilović N., Ilić N., **Kalajdžić M.**, Ivošević Š., Petrović A. (2024), Effect of Corrosion-Induced Structural Degradation on the Ultimate Strength of a High-Tensile-Steel Ship Hull, Journal of Marine Science and Engineering, vol. 12, no.5, pp. 745-745. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12050745>, IF 2024: 2.8 M21
4. Vasilev M., **Kalajdžić M.**, Ivković I. (2024), CFD-Powered Ship Trim Optimization: Integrating ANN for User-Friendly Software Tool Development, Journal of Marine Science and Engineering, vol. 12, no.8, pp. 1265-1265. DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12081265>, IF 2024: 2.8 M21
5. **Kalajdžić M.**, Vasilev M., Momčilović N. (2023), Inland waterway cargo energy efficiency in operation, Brodogradnja, vol.74, no. 3, pp. 71-89. DOI: <https://doi.org/10.21278/brod74304>, IF 2023: 2.4 M21
6. **Kalajdžić M.**, Vasilev M., Momčilović N. (2022), Evaluating an Inland Waterway Cargo Vessels Energy Efficiency Indices, Polish Maritime Research, vol.29, no. 2, pp. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.2478/pomr-2022-0014>, IF 2022: 1.4 M22
7. **Kalajdžić M.**, Vasilev M., Momčilović N. (2022), Power reduction considerations for bulk carriers with respect to novel energy efficiency regulations, Brodogradnja, vol.73, no. 2, pp. 61-74. DOI: <https://doi.org/10.21278/brod73205>, IF 2022: 1.5 M22
8. **Kalajdžić M.**, Momčilović N. (2020), A step toward the preliminary design of seagoing multi-purpose cargo vessels, Brodogradnja, vol.71, no. 2, pp. 75-89. DOI: <https://doi.org/10.21278/brod71205>, IF 2020: 1.336 M22
9. Radojčić D., **Kalajdžić M.**, Zgradić A., Simić A. (2017), Resistance and Trim Modeling of Systematic Planing Hull Series 62 (with 12.5 degrees, 25 degrees and 30 degrees Deadrise Angles) Using Artificial Neural Networks, Part 2: Mathematical models, Journal of Ship Production and Design, vol.33, no. 04, pp. 257-275. DOI: <https://doi.org/10.5957/JSPD.160016>, IF 2017: 0.619 M22
10. Radojčić D., **Kalajdžić M.**, Zgradić A., Simić A. (2017), Resistance and Trim Modeling of Systematic Planing Hull Series 62 (with 12.5 degrees, 25 degrees and 30 degrees Deadrise Angles) Using Artificial Neural Networks, Part 1: Database, Journal of Ship Production and Design, vol.33, no. 03, pp. 179-191. DOI: <https://doi.org/10.5957/JSPD.33.3.160015>, IF 2017: 0.619 M22

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 02.10.2025. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена:

Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 791/5
Датум: 02.10.2025. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон и 76/2023), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 02.10.2025. године донело је:

ОДЛУКУ

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Матије Василева**, маг. инж. маш. под насловом **„Параметарско подешавање мреже у CFD прорачунима са применом у анализи енергетске ефикасности бродова“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Никола Момчиловић, ванр. проф., др Дарко Раденковић, ванр. проф. и др Владислав Мараш, ред. проф., Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет.

За ментора докторске дисертације именује се др Милан Калајџић, ред. проф.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата
Матије Н. Василев, маг. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета број 791/3 од 04.09.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Матије Н. Василев, маг. инж. маш. под називом:

**Параметарско подешавање мреже у CFD прорачунима са
применом у анализи енергетске ефикасности бродова**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Матија Н. Василев, маг. инж. маш., рођен је 24. октобра 1994. године у Крушевцу, Република Србија. Основну школу „Миодраг Чајетинац Чајка“ у Трстенику завршио је 2009. године са одличним успехом. Након тога је похађао Гимназију „Вук Караџић“ у Трстенику, природно-математички смер, коју је завршио 2013. године, такође са одличним успехом.

Школске 2013/2014. године уписао је Основне академске студије – машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету. Основне студије завршио је 2016. године са укупном просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). За изванредан успех био је похваљен на првој, другој и трећој години студија. Током друге и треће године студија био је добитник стипендије Министарства просвете Републике Србије, а на трећој години добио је и престижну стипендију Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије – „Доситеја“. Поред тога, био је добитник стипендије за младе таленте

општине Трстеник, а 2016. године и стипендије за изузетно надарене студенте Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Школске 2016/2017. године уписао је Мастер академске студије – машинско инжењерство, модул Бродоградња, на Машинском факултету Универзитета у Београду. Мастер студије завршио је 2018. године са укупном просечном оценом 9,55 (девет и 55/100). Мастер рад на тему „Истраживања могућности за побољшање пропулзивних карактеристика такмичарских пловних објеката Сава и Дунав“ одбранио је у октобру 2018. године са оценом 10 (десет), под менторством проф. др Александра Симића. На обе године мастер студија био је добитник похвале за изванредан успех, као и стипендије Министарства просвете Републике Србије (прва година) и стипендије Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта – „Доситеја“ (друга година). Поново је добио стипендију за младе таленте општине Трстеник.

У периоду 2016–2018. освајао је прва места на такмичењима Машинских факултета (Машинијадама) из области математике и механике. Такође, од 2017. до 2018. године био је члан студентског тима Машинског факултета „Confluence Belgrade“ (одсек Бродоградња), са којим је постигао запажене резултате – освојивши прво, друго и треће место на међународном такмичењу „Hydrocontest“ у различитим категоријама.

Од 2018. до 2020. године био је запослен као инжењер бродоградње у компанији „NTL Ship Design“, у сектору за бродске конструкције, где је радио на изради техничке документације, димензионисању конструктивних елемената и оптимизацији бродских структура.

Од 2020. године запослен је у компанији „Ocean Pro Marine Engineers“ као машински инжењер – конструктор, у сектору за енергетску ефикасност бродова, где учествује у развоју и примени иновативних решења за унапређење енергетске ефикасности постојећих и нових пловила, са посебним акцентом на примену CFD анализа и оптимизацију погонских система.

Школске 2021/2022. године уписао је Докторске академске студије – машинско инжењерство на Машинском факултету Универзитета у Београду, где тренутно спроводи истраживања из области хидродинамике и нумеричких симулација у поморској индустрији, са посебним фокусом на развој параметарских формула за оптимизацију мрежа у CFD симулацијама и унапређење енергетске ефикасности бродова.

Од октобра 2024. године је ангажован на Машинском факултету Универзитета у Београду, као истраживач приправник на Катедри за бродоградњу. Учествоје у извођењу наставе на Мастер академским студијама на предмету Рачунарски алати у бродоградњи.

Познавање страних језика

- Енглески језик - говори, чита и пише.

Познавање рада на рачунару

- Има значајне вештине кодирања у програмским софтверима Matlab/Simulink, Latex.
- Има вишегодишње искуство у коришћењу софтвера Microsoft Office, Autodesk AutoCAD, CorelDraw, 3D Beam, Genie, Rhino, Siemens StarCCM+ као и SolidWorks, Inkscape и DelftShip.

Истраживачке области

- Бродоградња.

Остало

- Возачка дозвола за Б категорију возила.
- Суоснивач Удружења студената бродоградње.
- Вишегодишњи члан Удружења бродограђевних инжењења и техничара.
- Члан међународног удружења високоинтелигентних људи „Mensa“
-

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Матија Н. Василев, маст. инж. маш., уписао је Докторске академске студије – машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету школске 2021/2022. године. У циљу реализације Програма усавршавања, положио је следеће обавезне и изборне предмете:

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Обавезни предмети			
Виши курс математике	проф. др Слободан Радојевић	5	9
Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	5	10
ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	5	10
Истраживање и публикување 1	проф. др Никола Момчиловић	10	10
Истраживање и публикување 2	проф. др Милан Калајџић	15	10
Истраживање и публикување 3	проф. др Никола Момчиловић	20	10
Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Милан Калајџић	30	10
Изборни предмети			
Бродски таласи	проф. др Милан Калајџић	5	10
Нумеричке методе у бродској хидродинамици	проф. др Александар Симић	5	10
Одабрана поглавља из бродске хидродинамике	проф. др Александар Симић	5	10

Одабрана поглавља из механике флуида	проф. др Александар Ђоћић	5	10
Специјални брзи бродови	проф. др Милан Калајџић	5	10
Теорија граничног слоја	проф. др Александар Ђоћић	5	10
Укупно ЕСПБ		120	

У наставку је дат списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности кандидата Матије Василев, маг. инж. маш., у вези са темом докторске дисертације:

Рад објављен у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

Vasilev M., Kalajdžić M., Momčilović N.: *On energy efficiency of tankers: EEDI, EEXI and CII*, - Ocean Engineering, vol. 317, 120028, 2025, ISSN 0029-8018, IF 4.6
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.120028>.

Рад објављен у врхунском међународном часопису (M21)

Vasilev M., Kalajdžić M., Ivković I.: *CFD-Powered Ship Trim Optimization: Integrating ANN for User-Friendly Software Tool Development*. - Journal of Marine Science and Engineering, 12(8):1265, 2024, ISSN 2077-1312, IF 2.7
DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse12081265>

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22)

Kalajdžić M., **Vasilev M.**, Momčilović N.: *Inland waterway cargo vessel energy efficiency in operation*, - Brodogradnja, vol.74, no. 3, pp. 71-89, 2023, ISSN 0007-215X, IF 3.9
DOI: <https://doi.org/10.21278/brod74304>

Рад објављен у међународном часопису (M23)

Kalajdžić M., **Vasilev M.**, Momčilović N.: *Power reduction considerations for bulk carriers with respect to novel energy efficiency regulations*, - Brodogradnja, vol.73, no. 2, pp. 79-92, 2022, ISSN 0007-215X, IF 3.9
DOI: <https://doi.org/10.21278/brod74304>

Kalajdžić M., **Vasilev M.**, Momčilović N.: *Evaluating an Inland Waterway Cargo Vessel's Energy Efficiency Indices*, - Polish Maritime Research, Sciendo, vol. 29 (Issue 2), pp. 27-34, 2022, ISSN 1233-2585, IF 2.0
DOI: <https://doi.org/10.2478/pomr-2022-0014>

Рад објављен у националном часопису међународног значаја (M24)

Vasilev M., Kalajdžić M.: *Influence of lightweight change on ship performance.* - FME Transactions, Vol. 50, no. 4, pp. 615-622, 2022, ISSN 1451-2092, IF 1.2
DOI: <https://doi.org/10.5937/fme2204615V>.

Радови саопштени на међународном скупу, штампани у целини (M33)

Kalajdžić M., **Vasilev M.**, Momčilović, N.: *Energy Efficiency of Inland Vessels: Current Status*, - Proceedings of 25th Symposium on the theory and practice of shipbuilding (SORTA 2022), Malinska, Croatia, September 2022

Vasilev M., Kalajdžić M.: *The Influence of Roughness Change on Ship Resistance in CFD Simulations*, - Proceedings of 24th Numerical Towing Tank Symposium (NuTTS 2022), Zagreb, Croatia, October 2022

Vasilev M., Kalajdžić M., Suvačarov A.: *A Practical Approach to Bulbous Bow Retrofit Analysis for Enhanced Energy Efficiency*, - Proceedings of 25th Numerical Towing Tank Symposium (NuTTS 2025), Ericeira, Portugal, October 2023

Ivković I., Kalajdžić M., **Vasilev M.**: *A CFD-Based Analysis of Bow Modification Influence on Ship Resistance and Energy Efficiency*, - Proceedings of 26th Numerical Towing Tank Symposium (NuTTS 2024), Mulheim an der Ruhr, Germany, October 2024

Kalajdžić M., Ivković I., **Vasilev M.**: *Advancing CFD validation methods for self-propelled inland waterway vessels a workshop initiative*, - The 26th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding (SORTA 2024), Zadar, Croatia, October 2024

Kalajdžić M., **Vasilev M.**: *CFD-Driven Ship Trim Optimization: Simplifying Complexity of ANN with User-Friendly Software*, - 16th Symposium on High-Performance Marine Vehicles (HIPER 2024), Drübeck, Germany, June 2024

Радови саопштени на међународном скупу, штампани у изводу (M34)

Kalajdžić M., **Vasilev M.**, Momčilović, N.: *Exploring an Effect of Novel IMO Policies on Energy Efficiency of Existing Ships*, - Book of Abstracts - 1st Kotor International Maritime Conference (KIMC 2021), Kotor, Montenegro, November 2021, ISBN 978-86-7664-205-2

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Матија Н. Василев, маг. инж. маш., је својим досадашњим истраживачким активностима показао неопходно знање, заинтересованост и способност за научноистраживачки рад. Његови биографски подаци, објављени научни радови и други остварени резултати суштински су повезани са научном облашћу којој припада

предложена тема, што кандидата, према мишљењу Комисије, квалификује за самосталан научноистраживачки рад на предметној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет планираних истраживања обухвата развој параметарских формула за ефикасно и сврсисходно дефинисање прорачунске мреже која се користи за одређивање хидродинамичких својстава депласманских бродова применом прорачунске динамике флуида (енгл. *Computational Fluid Dynamics* – CFD). Развијене параметарске формуле биће примењене у комерцијалном CFD софтверу Siemens Star CCM+ као основу за посредну анализу енергетске ефикасности бродова и њено унапређење.

Иако се CFD софтвери користе у индустрији бродоградње већ више деценија уназад, све до 2022. године резултати добијени њиховом применом нису били прихватани од стране регулаторних тела [1]. До тада, примена се заснивала искључиво у истраживачке сврхе ради развоја и оптимизације нумеричких алгоритама за решавање Навије-Стоксових једначина. До данас, не постоји јавно објављен документ који садржи процедуру за дефинисање поставки CFD симулација, а који гарантују поуздане резултате. Многи софтвери су непрактични за кориснике без претходног искуства јер имају сложену навигацију и систем конфигурисања од минимум 50 параметара који директно утичу на резултате и зато су многа истраживања базирана на принципу пробе и грешке или само на утицају малог броја параметара.

Планирана истраживања су усмерена на поједностављивање поставки CFD симулација увођењем параметарских формула добијених на основу анализе спроведених експеримената као и итеративним спровођењем CFD симулација све док се не постигне жељена тачност. Фокус истраживања јесте дефинисање прорачунског домена, величине основне ћелије, дебљине граничног слоја, дебљине првог слоја ћелија до трупа брода, дистрибуције ћелија у граничном слоју, а потом и запреминских зона у којима треба формирати мрежу веће густине. Разлог зашто су ови параметри узети у разматрање јесте у томе што они највише утичу на резултате нумеричког прорачуна [2]. У конкретном случају, под нумеричким прорачуном сматра се одређивање отпора брода на мирној води. Познато је да се у индустрији бродоградње процена отпора брода врши моделским испитивањима у базенима, а потом употребом екстраполатора ITTC (енгл. *International Towing Tank Conference* - ITTC) 1978. године, врши предикција отпора брода у стварној величини [3, 4, 5]. У бродограђевној историји, позната су четири случаја експерименталног одређивања отпора брода у стварној величини [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12], а поред тога за неке од њих постоје и подаци о моделским испитивањима у више различитих размера [9, 12]. Два од та четири случаја ће бити анализирана кроз докторску дисертацију. Један случај представља пароброд „*Lucy Ashton*“ [8] депласмана 390 тона који је био предмет истраживања још 1950. године од стране Истраживачке Асоцијације Британских Бродоградитеља, а други случај је истраживачки брод „*Meteor*“ депласмана 2850 тона који је био предмет истраживања 1967. године [12]. Случај „*Lucy Ashton*“ садржи податке о измереном отпору брода у шест

различитих размера модела, отпору брода у стварној величини, профилу брзина у граничном слоју за једну брзину пловидбе на једном месту испод централне линије као и податке о храпавости површине трупа брода. Случај „*Meteor*“ садржи податке о измереном отпору брода у три различите размере модела, отпору брода у стварној величини, подацима о суструјном пољу у зони пропелера, као и пропелерску криву са пробне вожње. Важно је нагласити да уобичајена бродограђевна индустријска пракса обухвата извештај (у идеалном случају) о подацима отпора брода у само једној размери модела, екстраполиране резултате отпора брода на стварну величину, процењене пропелерске криве за различите случајеве крцања терета, као и постигнуте пропелерске криве са пробне вожње приликом примопредаје брода бродовласнику [4]. Најчешћи случај је да извештај који бродовласник добије садржи само процењену и остварену пропелерску криву на пробној вожњи за пројектовани случај крцања терета и за брод у баласту. Пропелерска крива на пробној вожњи се добија директним мерењем постигнуте брзине брода, угаоне брзине вратила и обртног момента на вратилу мотора. Извештаји о бродовима „*Lucy Ashton*“ и „*Meteor*“ су заправо веома сврсисходни за истраживање јер су веома обимни, а поготово занимљиви за истраживања на пољу CFD-а јер садрже релевантне податке о отпору брода у више размера модела, па чак и у стварној величини.

Поузданост софтвера за добијање прихватљивих резултата се доказује упоређивањем резултата добијених нумеричким путем са подацима добијеним кроз моделска испитивања и/или са пробних вожњи. Према важећим регулативама [1], прихватљива су одступања података добијених нумеричким путем до 5% у односу на измерене вредности моделским испитивањима и/или са пробних вожњи. Ток развоја нумеричких алгоритама за решавање Навије-Стоксових једначина пратиле су тзв. CFD радионице [13, 14]. CFD радионице карактеришу се тиме што се експериментални подаци не деле јавно све док учесници не предају своје резултате нумеричких симулација организатору. Организатор радионице дужан је да свим учесницима достави основе податке о разматраном броду односно најмањи скуп података потребан за постављање симулације у неком CFD софтверу. Такође, организатор задржава право да анализира све пристигле податке и упоређи их са експерименталним резултатима, а потом све резултате објави јавно. Овакав начин организовања радионица сматра се јединим исправним и валидним приступом. Током претходних деценија одржано је више оваквих радионица, почев од 1980. године а затим 1990., 1994., 2000., 2005., 2010., 2015., 2024., а познато је да су две планиране за 2025. годину. 2024. године је организована CFD радионица са бродом „*Lucy Ashton*“ у којој је аутор докторске дисертације учествовао.

Истраживање које обухвата докторска дисертација узимајући у обзир брод „*Lucy Ashton*“ је проширено у односу на CFD радионицу јер се бави анализом турбулентног граничног слоја као и увођењем додатних геометријских размера брода (методом екстраполације). Циљ је да се на тај начин обухвати опсег режима рада савремених депласманских бродова дужине до 480 метара и Фрудових бројева од 0,1 до 0,3. Параметарске формуле добијене на основу експерименталних података за брод „*Lucy Ashton*“ и спроведених CFD симулација аутора, биће подвргнуте валидацији помоћу четири додатна брода од којих су три (енгл. *KRISO Container Ship* – KCS [13], *Japan Bulk Carrier* – JBC [14], *Duisburg Test Case* – DTC [15],) већ била

предмет CFD радионица ранијих година, а данас се сматрају релевантним референцама, док је четврти брод „Meteor“ и до сада није био предмет ниједне CFD радионице. Нажалост, за сва три брода (JBC, DTC, KCS) постоје само подаци о отпору брода у једној размери модела. На темељима резултата четвртог брода („Meteor“), аутор планира организовање CFD радионице која би обухватала случајеве процене отпора брода у три различите размере модела, процену отпора брода у стварној величини, процену карактеристика пропелера као и процену пропелерске криве помоћу CFD софтвера. Ниједна до сада одржана CFD радионица није садржала истовремено толики број различитих случајева.

Истраживања која се односи на тему енергетске ефикасности бродова обухвата анализу номиналних [16, 17, 18, 19] и ефективних параметара енергетске ефикасности [20, 21, 22, 23, 24] поморских и речних бродова. Номинални параметри енергетске ефикасности ће бити одређени статистичким формулама издатим од стране регулаторних тела и биће сагледани према типовима бродова. Ефективни параметри енергетске ефикасности се одређују према доступним подацима бродова из оперативности. Смањење потрошње горива и емисије штетних гасова (који изазивају ефекат стаклене баште) постали су императиви не само због регулаторних захтева, већ и због економске исплативости. На основу показатеља енергетске ефикасности, могу се предложити мере уштеде, односно побољшања која ће показатеље довести у захтеване границе уколико већ нису у оквиру њих.

Повезница истраживања се огледа у примени CFD софтвера као савременог алата ради унапређења енергетске ефикасности бродова. На примеру једног брода за превоз аутомобила, биће показана једна од могућности унапређења енергетске ефикасности коришћењем CFD софтвера и вештачких неуронских мрежа [25]. Постоје многи начини за побољшање енергетске ефикасности, а у пракси се показало да су најпопуларнији они начини који су економски најисплативији тј. они који не захтевају ремонт брода. У овој дисертацији се обрађују два таква начина, а то су смањење брзине и оптимизација положаја пливања (трим оптимизација). Смањење брзине као мера уштеде ће бити анализирана кроз предложене формуле од стране регулаторних тела за морске бродове као и на примеру једног речног брода, док се трим оптимизација може искључиво анализирати помоћу CFD софтвера. Под трим оптимизацијом се сматра одређивање пропелерске криве брода за различите положаје пливања (узимајући у обзир и положаје на равној кобилици као и затегу или претегу) као и процену потрошње горива. Помоћу вештачких неуронских мрежа може се добити математички модел процене потрошње горива, потребног броја обртаја пропелерског вратила, одговарајуће брзине пловидбе, оптималног положаја пливања за одређени случај крцања терета за сва међустања која нису узета у обзир у CFD анализи. Пошто су математички модели добијени вештачким неуронским мрежама веома компликовани и нису погодни за коришћење у бродограђевној пракси, у овој докторској дисертацији ће бити показан пример развоја апликације са корисничким интерфејсом у програмском пакету *Matlab* у ком ће бити имплементиран добијени математички модел. На тај начин се омогућава лак начин употребе комплексног математичког израза.

Планирана истраживања, у оквиру предложене докторске дисертације, по садржају обухватају неколико актуелних истраживачких целина које се односе на:

- Формирање математичке интерпретације дебљине турбулентног граничног слоја,
- Параметарско подешавање поставке симулација у нумеричким прорачунима,
- Поступак нумеричких прорачуна и анализу добијених резултата,
- Валидацију спроведене методологије,
- Припрему CFD радионице,
- Анализу номиналних и ефективних показатеља енергетске ефикасности,
- Развој математичког модела применом вештачких неуронских мрежа на основу резултата добијених CFD анализом,
- Развој апликације са корисничким интерфејсом ради лакшег коришћења добијеног математичког модела.

Главни научни циљ докторске дисертације је развој методологије за поједностављено дефинисање параметара прорачунске мреже у CFD симулацијама, уз примену параметарских формула (у функцији геометријских карактеристика брода) заснованих на експерименталним подацима и нумеричким истраживањима, ради поуздане процене хидродинамичких својстава депласманских бродова. Овај циљ обухвата:

- Развој параметарских формула за оптимизацију прорачунске мреже (дефинисање домена, величине ћелија, граничног слоја, дистрибуције ћелија у граничном слоју, дефинисање запреминских зона веће густине), како би се осигурала поузданост CFD резултата у оквиру 5% одступања од експерименталних података.
- Валидацију методологије на случајевима бродова „*Lucy Ashton*“ и „*Meteor*“, као и на референтним бродовима JBC, DTC и KCS, уз анализу турбулентног граничног слоја и екстраполацију геометријских параметара за бродове дужине до 480 m и Фрудове бројеве 0,1–0,3.
- Примену CFD софтвера *Siemens Star CCM+* и статистички развијених формула за унапређење енергетске ефикасности бродова кроз трим оптимизацију и смањење брзине, уз интеграцију вештачких неуронских мрежа за развој математичког модела и апликације са корисничким интерфејсом у *Matlab*-у ради ефикасније употребе.
- Организацију CFD радионице која ће обухватити симулације процене отпора брода у више размера модела, као и у стварној величини, карактеристика пропелера и пропелерске криве, постављајући основу за будуће студије за развој и унапређење нумеричких алгоритама за решавање Навије-Стоксових једначина.

2.1. Библиографски извори: преглед релевантних референци

У наставку је наведен део релевантне литературе на којој се заснивају истраживања предвиђена овом докторском дисертацијом:

[1] IACS, 2024. EEXI Implementation Guidelines, Recommendation No. 172. London, England.
URL <https://iacs.org.uk>

- [2] ITTC, 2024. 7.5-03-01-01. Uncertainty Analysis in CFD Verification and Validation, Methodology and Procedures, ITTC Quality System Manual, Recommended Procedures and Guidelines; International Towing Tank Conference, Specialist Committee on Combined CFD-EFD Methods of 30th ITTC. URL <https://www.ittc.info/media/11950/75-03-01-01.pdf>
- [3] ITTC, 2008. The Specialist Committee on Powering Performance Prediction: Final report and recommendations to the 25th ITTC. In: Proc of 25th Int Towing Tank Conf., Fukuoka, Japan, 14-20 September 2008, 397-431
- [4] ITTC, 2021. 7.5-02-02-01. Resistance Test, ITTC Quality System Manual, Recommended Procedures and Guidelines; International Towing Tank Conference, Resistance and Propulsion Committee of the 29th ITTC, 2021. URL <https://www.ittc.info/media/9595/75-02-02-01.pdf>
- [5] ITTC, 2021. 7.5-02-03-01.4. 1978 ITTC Performance Prediction Method, ITTC Quality System Manual, Recommended Procedures and Guidelines; International Towing Tank Conference, Propulsion Committee of the 29th ITTC. URL <https://www.ittc.info/media/8017/75-02-03-014.pdf>
- [6] Froude W., 1874. On experiments with HMS "Greyhound", Trans Inst. Naval Architects, Vol 15, p. 36
- [7] Nordström H. F., 1953. Full scale tests with the "Wrangel" and comparative model tests, SSPA paper no.27
- [8] Denny M. E., 1951. B.S.R.A. Resistance Experiments on the Lucy Ashton, Part I – Full Scale Measurements, International Conference of Naval Architects and Marine Engineers 1951, Unwin Brothers, p. 40-57
- [9] Conn J. F. C., Lackenby H., Walker W. P., 1953. B.S.R.A. Resistance Experiments on the Lucy Ashton, Part II – The Ship-Model Correlation for the Naked Hull Conditions, Spring Meeting of the Institution of Naval Architects on March 25, 1953, p. 350-436
- [10] Lackenby H., 1955. Resistance Experiments on the Lucy Ashton, Part III – The Ship-Model Correlation for the Shaft-Appendage Conditions, Quartetly Transactions of the Institution of Naval Architects, Vol. 97 No. 2, p. 109-166
- [11] Smith L., 1955. Resistance Experiments on the Lucy Ashton, Part IV – Miscellaneous Investigations and General Appraisal, Quartetly Transactions of the Institution of Naval Architects, Vol. 97 No. 4, p. 525-561
- [12] Schuster S., 1969. Schiffstechnische Meßfahrten mit dem Forschungsschiff "Meteor" 1967. Meteor Forschungsergebnisse: Reihe A, Allgemeines, *Physik und Chemie des Meeres*, 5. p. 72-84

- [13] Larsson L., Stern F., Visonneau M., 2014. Numerical ship hydrodynamics. An assessment of the Gothenburg 2010 Workshop, *Springer*, Netherlands
- [14] Hino, T., Stern, F., Larsson, L., Visonneau, M., Hirata, N., Kim, J., 2021. Numerical ship hydrodynamics. An assessment of the Tokyo 2015 Workshop, *Springer*, Switzerland
- [15] Mactar O. el, Shigunov V., Zorn T., 2012. Duisburg Test Case: Post-Panamax Container Ship for Benchmarking, *Ship Technology Research*, 59:3, p. 50-64
- [16] IMO, 2018. Resolution MEPC.308(73). 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [17] IMO, 2019. Resolution MEPC. 322(74). Amendments to the 2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [18] IMO, 2022. Resolution MEPC.364(79). 2022 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships. IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [19] IMO, 2022. Resolution MEPC.350(78). 2022 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI). IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [20] IMO, 2022. Resolution MEPC.352(78). 2022 Guidelines on Operational Carbon Intensity Indicators and the Calculation Methods (CII Guidelines, G1). IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [21] IMO, 2022. Resolution MEPC.353(78). 2022 Guidelines on the Reference Lines for Use with the Operational Carbon Intensity Indicators (CII Reference Lines Guidelines, G2). IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [22] IMO, 2021. Resolution MEPC.338(76). 2021 Guidelines on the Operational Carbon Intensity Reduction Factors Relative to Reference Lines (CII Reduction Factors Guidelines, G3). IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [23] IMO, 2022. Resolution MEPC.354(78). 2022 Guidelines on the Operational Carbon Intensity Rating of Ships (CII Rating Guidelines, G4). IMO, London, England. Available online. <https://docs.imo.org/>.
- [24] IMO, 2009. MEPC.1/Circ.684, Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI). IMO, London, England.

[25] Vasilev M., Kalajdžić M., Ivković I., 2024. CFD-Powered Ship Trim Optimization: Integrating ANN for User-Friendly Software Tool Development. *J. Mar. Sci. Eng.* 2024, 12, 1265. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse12081265>

3. Основне хипотезе

На основу детаљне анализе релевантне литературе и помоћу знања стечених током досадашњих истраживања, будућа истраживања, као и рад на овој докторској дисертацији, засниваће се на следећим полазним хипотезама:

Прва хипотеза:

Оптимизацијом параметара прорачунске мреже у CFD прорачунима могуће је побољшати тачност одређених хидродинамичких својстава бродова.

Друга хипотеза:

Постоји могућност постојања универзалне методологије поставке CFD симулација која може бити примењена на депласманске бродове различитих типова у одређеним границама Фрудових бројева ради добијања поузданих хидродинамичких својстава.

4. Научне методе истраживања

С обзиром на комплексност тематске области, у овој докторској дисертацији предлажу се следеће научне методе истраживања:

- Методе нумеричких прорачуна за добијање неопходних резултата за даљу анализу.
- Емпиријске методе за развој параметарских формула уз аналитичко анализирање резултата добијених нумеричким методама.
- Методе за софтверску имплементацију алгоритама, уз различите технике оптимизације прорачуна.
- Статистичке и математичке методе за развој формуле за дебљину турбулентног граничног слоја као и за математички модел коришћењем вештачких неуронских мрежа.

5. Очекивани научни допринос

Резултати дисертације могу допринети следећим аспектима науке кроз:

- Развијену математичку формулу за процену дебљине турбулентног граничног слоја у случају опструјавања бродске форме.
- Развијене и валидиране параметарске формуле за оптимизацију CFD мреже у симулацијама процене отпора брода на мирној води са фокусом на турбулентни гранични слој.

- Формирану методологију или скуп препорука за инжењере који би омогућили лакшу дефиницију симулационих параметара и смањили потребе за емпиријским подешавањем.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предметне докторске дисертације реализује се кроз следеће фазе:

1. Преглед глобалних регулатива (EEDI, EEXI, CII) и трендова у енергетској ефикасности.
2. Енергетска ефикасност речних и морских бродова.
3. Мотивација за примену CFD симулација и ANN модела.
4. Досадашња истраживања мера унапређења ефикасности.
5. Смернице ITTC и ограничења у CFD симулацијама.
6. Опис CFD модела, поставки домена и мреже.
7. Опис ANN модела и поступка развоја апликације.
8. Начин валидације (поређење са експериментима и резултатима CFD радионица).
9. Параметарске формуле и њихова примена.
10. Поређење CFD резултата са подацима референтних бродова.
11. Анализа енергетске ефикасности за одабране сценарије.
12. Тумачење добијених резултата и њихов значај за индустрију.
13. Предности и ограничења предложене методологије.
14. Научни и стручни доприноси дисертације.
15. Предлози за даље истраживање (CFD радионица, аутоматизација мреже).

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата Матије Н. Василев, маст. инж. маш., архивирани под евиденционим бројем 791/1 од 05.06.2025. године, а сходно сагласности Колегијума наставника Катедре за бродоградњу 791/2 од 01.09.2025. године, као и Одлуци Наставно-научног већа број 791/3 од 04.09.2025. године, Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да кандидат испуњава све услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета који га квалификују за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се Матији Н. Василев, маст. инж. маш. одобри израда докторске дисертације са темом

Параметарско подешавање мреже у CFD прорачунима са применом у анализи енергетске ефикасности бродова

научна област: **машинско инжењерство** (ужа научна област - **бродоградња**).

На основу Одлуке Наставно-научног већа број 791/3 од 04.09.2025. године, за ментора кандидата Матије Н. Василев, маст. инж. маш., током рада на предметној докторској дисертацији, Комисија предлаже да буду именовани др Милан Калајџић, ред. проф., који задовољава услове члана 28, став 9, Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду – Машинском факултету (Образац 3.) и то у домену машинског инжењерства – бродоградње, дакле има све неопходне компетенције у оквиру научне области којој припада тема докторске дисертације, са чиме је Комисија у потпуности сагласна.

С поштовањем,

Београд, 24.09.2025. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Никола Момчиловић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Дарко Раденковић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Владислав Мараш, редовни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет