

НАСТАВНО–НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на I седници Наставно-научног већа (ННВ) Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 18.10.2017. године, одређени за чланове Комисије за припрему извештаја о докторском раду **“Дијагностика и примене диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом”** из научне области **Физика јонизованих гасова и плазме**, коју је кандидат **Весна Ковачевић**, предала Физичком факултету у Београду дана 16.10.2017. године, подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1. Основни подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Весна Ковачевић је рођена 18.08.1983. године у Тузли, Босна и Херцеговина. Основну школу и гимназију завршила је у Београду. Физички факултет Универзитета у Београду, смер Општа физика, уписала је 2002. године. Дипломирала је 2007. Године са просечном оценом 9.15. Дипломски рад под називом „Испитивање апсорпције угљен диоксида у диелектричном баријерном пражњењу са Li_4SiO_4 као апсорбером” је урадила под руководством проф. Милорада Кураице. Од 2008. године је студент докторских студија на Физичком факултету на смеру „Физика јонизованих гасова, плазме и квантна оптика“, под менторством проф. Милорада Кураице. Предвиђене испите положила је са просечном оценом 10. Од фебруара 2008. ангажована је на пројекту основних истраживања “Спектроскопска дијагностика плазме у изворима значајним за примене” (ев. бр. 141043), на Физичком факултету, као стипендиста Министарства науке и технолошког развоја. Од септембра 2009. запослена је на Физичком факултету као истраживач приправник на пројекту “Спектроскопска дијагностика плазме у изворима значајним за примене” (ев. бр. 141043). Од јануара 2011. ангажована је на пројекту основних истраживања "Дијагностика и оптимизација извора плазме значајних за примене" (ев. бр. 171034) и пројекту технолошког развоја "Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења" (ев. бр. 33022). У фебруару 2012. изабрана је у звање истраживач-сарадник на Физичком факултету у оквиру поменутих пројеката (ев. бр. 171034 и ев. бр. 33022). У звање асистента на Физичком факултету изабрана је 2013. године и реизабрана 2016. године. Њена научна активност везана је за дијагностику и примену извора нискотемпературне плазме на атмосферском притиску. До сада је објавила 14 радова у водећим међународним часописима са укупним импакт фактором преко 38 који су

цитирани преко 117 пута без аутоцитата и цитата коаутора. Такође је објавила и око 50 радова на међународним конференцијама. Коаутор је неколико предавања по позиву и усмених излагања на међународним конференцијама.

Од школске 2009/2010. године ангажована је од стране Физичког факултет као сарадник у извођењу наставе из предмета Физика, лабораторијске вежбе, за студенте Хемијског факултета. Од школске 2011/2012. године ради као сарадник у извођењу наставе из предмета Општа физика 3 и Општа физика 4, рачунске вежбе, за студенте Физичког факултета. Од школске 2013/2014. године ради као асистент на предметима Општа физика 3, Општа физика 4, Лабораторија физике 3 и Лабораторија физике 4 у извођењу рачунских и експерименталних вежби за студенте Физичког факултета. У периоду од септембра до децембра 2011. била је на стручном усавршавању на институту The Leibniz Institute for Plasma Science and Technology (INP Greifswald), Greifswald, у Немачкој, у групи којом руководи Dr Ronny Brandenburg. Поред тога учествује и на пројектима билатералне научно-технолошке сарадње са Немачком, Белорусијом и Француском, на међународном пројекту COST и била је члан организационог комитета међународних конференција SPIG XXV (2010), CESPC IV (2011), SPIG XXVIII (2016), FLTPD XII (2017) и XII Конгреса физичара Србије (2013).

1.2 Научна активност

Научна активност Весне Ковачевић везана је за дијагностику и примену нискотемпературних извора плазме на атмосферском притиску. До сада је објавила 14 радова у водећим међународним часописима са импакт фактором већим од 1 и са укупним импакт фактором 38,5. Према бази *Web of Science* Весна Ковачевић има укупно 145 цитата, односно 117 цитата без аутоцитата и цитата коаутора (Scopus 146/115, Google Scholar 207). Према бази *Web of Science*, Хиршов фактор колегинице Ковачевић износи 6 (Scopus 6, Google Scholar 7). Базама је приступљено 10.11.2017. године. Према класификацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја објављени радови припадају категоријама M21a, M21, M22 и M23. Три рада су објављена у часописима који припадају групи међународних часописа изузетне вредности M21a. Пет радова објављено је у врхунским међународним часописима категорије M21, пет радова је објављено у међународном часопису категорије M22 и један рад је објављен у часопису категорије M23. Још један рад, који произилази из докторске дисертације, се налази на рецензији у часопису категорије M21. Весна Ковачевић је учествовала на већем броју међународних конференција са 47 радова представљених на усменим и постер презентацијама. Коаутор је неколико предавања по позиву и усмених излагања на међународним конференцијама.

У периоду 2008-2010. ангажована је као стипендиста Министарства, а затим као истраживач приправник на пројекту Министарства за науку и животну средину у области основних истраживања, под називом “*Спектроскопска дијагностика плазме у изворима значајним за примене*” (ев. бр. 141043), и једног пројекта сарадње са привредом – „*Одсумпоравање и денитрификација димних гасова насталих сагоревањем Колубарског*

лигнита у реалним условима“. Тренутно учествује на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја за период 2011-2014, на пројекту основних истраживања под називом „Дијагностика и оптимизација извора плазме значајних за примене“ (ОИ171034) и на пројекту технолошког развоја под називом „Интегрисани системи за уклањање штетних састојака дима и развој технологија за реализацију термоелектрана и енергана без аерозагађења“ (ТР33022). Учествује и на пројектима билатералне сарадње Републике Србије са Савезном Републиком Немачком, Републиком Белорусијом и Републиком Француском, које финансира Министарство просвете науке и технолошког развоја. Са колегама из Немачке (Leibniz Institute for Plasma Science and Technology (INP Greifswald) и Institute for Physics, University of Greifswald, Greifswald), у периоду 2014-2015 реализован је пројекат „Испитивање физичких и хемијских процеса у неравнотежним плазмама на атмосферском притиску применом напредних дијагностичких метода“, а актуелан је пројекат „Нове дијагностичке методе у истраживању плазма млазева“ за период 2016-2017. Са колегама из Белорусије (В.І. Stepanov Institute of Physics of the NASB) у периоду 2014-2015 реализован је пројекат „Инактивација клинички значајних микроорганизама и њихових конзорцијума деловањем неравнотежне плазме на атмосферском притиску“, а претходно је реализован и пројекат „Деконтаминација површина и водених раствора деловањем неравнотежне плазме на атмосферском притиску“. У току је и реализација пројекта билатералне сарадње са колегама из Француске (GREMI Laboratory, University of Orleans) за период 2016-2017 под називом „Комплементарна, напредна дијагностика јачине електричног поља у плазменим млазевима који се користе у биолошке и медицинске сврхе“. Такође, остварена је успешна сарадња са колегама из Холандије (Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology) и Француске (LPP, Ecole Polytechnique, Paris). Од 2012. учесник је међународног пројекта CMST COST Action TD1208- “Electrical discharges with liquids for future applications“ који се бави плазмом у течностима и интеракцијом са течностима. Била је члан организационог комитета међународних конференција SPIG XXV (2010), CESPC IV (2011), SPIG XXVIII (2016), FLTPD-XII (2017) и XII Конгреса физичара Србије (2013). Од септембра до децембра 2011. била је на стручном усавршавању на институту The Leibniz Institute for Plasma Science and Technology (INP Greifswald), Greifswald, у Немачкој, у групи којом руководи Dr Ronny Brandenburg, где се бавила дијагностиком и применом диелектричног баријерног пражњења са падајућим воденим филмом. Весна Ковачевић је била рецензент националног пројекта Чешке Републике финансираног од стране Чешке научне фондације (Czech Science Foundation, project proposal No. 18-178xxx).

2 Опис предатог рада

2.1 Основни подаци

Руководилац докторске дисертације је др Милорад Кураица, редован професор Физичког Факултета. Проф. Кураица је у последњих пет година аутор око 25 радова у међународним часописима који за тему имају истраживања нискотемпературних неравнотежних пражњења на атмосферском притиску и испуњава све предвиђене услове за ментора. Поред проф. Кураице који је руководио истраживањима, сарадници на тим истраживањима су били и проф. др Братислав Обрадовић и др Горан Сретеновић са Физичког факултета, проф. др Горан Роглић, др Биљана Дојчиновић, др Милица Јовић и др Маријана Марковић са Хемијског факултета у Београду, проф. др Рони Бранденбург са Лајбницевог института у Грајфсвалду, др Оливије Гајтел из Политехничке школе у Паризу и др Ана Собота са Универзитета у Ајндховену, што се може и видети у радовима који поткрепљују ову докторску дисертацију. Већина истраживања везана за предату дисертацију су обављена на Физичком факултету Универзитета у Београду у Лабораторији за физику и технологију плазме. Део мерења везан за мерење концентрације активних хемијских врста је извршен на Хемијском факултету Универзитета у Београду, део мерења која се односе на третман ундекана је урађен на Лајбницевог института у Грајфсвалду, док су мерења која се односе на Шлирен фотографију урађена у Политехничкој школи у Паризу.

Докторска дисертација “Дијагностика и примене диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом“ је написана латиницом на српском језику. Састоји се од четири главе, Увода, Закључка, списка литературе и биографије аутора са библиографијом. Дисертација је написана на 198 страна, има 68 слика и графика, 4 табеле и 329 референци.

2.2 Предмет и циљ рада

Докторска дисертација која је предмет овога Извештаја припада области Физике јонизованих гасова и плазме и има за тему истраживање пражњења и течности у контакту са пражњењем ради разумевања физичких и хемијских процеса на граници плазма-течност.

Током последње две деценије нискотемпературне неравнотежне плазме на атмосферском притиску у контакту са течностима и у течностима привукле су велику пажњу у научној заједници пре свега због све значајнијих примена у заштити животне средине и у медицини, о чему сведочи велики пораст броја публикованих радова на ову тему у последњих десетак година. Пражњења у и у контакту са течностима пружају нове научне изазове и нове технолошке могућности. Кључно питање неравнотежних пражњења је њихова контрола и стабилизација. Ово је нарочито случај код пражњења у води или у контакту са водом, јер су пражњења у течности сложенија од пражњења генерисаних само

у гасној фази, карактерише их изразито неравнотежно стање и углавном су генерисани и у гасној и у течној фази. Поред тога, како течност у већини случајева има улогу једне од електрода, долази до деформације и испаравања електрода. Ово додаје значајну комплексност у поређењу са релативно инертним металним електродама у само гасној фази неравнотежних плазми, што пуно разумевање фундаменталне физике и хемије плазме и даље у великој мери чини недостижним. Главни разлог зашто је ова врста пражњења интензивно проучавана у последње две деценије је истовремено генерисање интензивног УВ зрачења, јаког електричног поља, ударних таласа и изузетна хемијска активност течности у контакту са плазмом.

У групи окупљеној под руководством проф. др Милорада Кураице на Физичком факултету развијена је оригинална конструкција диелектричног баријерног пражњења (ДБП) са падајућим воденим филмом (енг. water falling film dielectric barrier discharge). У протеклих петнаестак година већ је демонстрирана изузетна ефикасност овог рекатора у процесима разлагања загађујућих материја у воденим растворима као што су феноли, арсен, текстилне боје и хербициди. Слична конфигурација, али без воденог филма успешно је примењена на истовремено уклањање NO_x и SO_2 из димног гаса насталог сагоревањем угља у термоелектрани. Поменута истраживања објављена су у угледним међународним часописима и цитирана од стране релевантних истраживачких група, што потврђује актуелност ове области истраживања и релевантност постигнутих резултат на Физичком факултету.

Предмет доктората је дијагностика и примене диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом, као и инерација појединачног микропражњења са течном метом. У циљу израде доктората у Лабораторији за физику и технологију плазме направљено је диелектрично баријерно пражњење са падајућим воденим филмом као и високонапонско напајање фреквенције 50-1500 Hz. Реактор се састоји од цилиндричне стаклене цеви унутар које је концентрично постављена челична цев која има улогу уземљене електроде а спољашња површина стаклене цеви пресвучена је металним слојем (алуминијумска фолија или челична мрежица) који је повезан са високонапонским извором напајања. Направљена је и модификација у погледу унутрашње електроде ради елеминицаије утицаја металних површина на испитиване процесе у течности па је уместо металне цеви могуће користити стаклену цев са дуплим зидовима која је посребрена по унутрашњости између два зида, тако да је танак слој сребра уземљен. Течност (водени раствори) пумпа се перисталтичком пумпом кроз унутрашњу цев и када доспе до врха унутрашње цеви вода се слива низ спољашњу површину и формира танак слој на површини уземљене електроде. У овом пражњењу танак слој падајућег воденог филма је део електродне конфигурације и у директном је контакту са плазмом.

Диелектрично баријерно пражњење у ваздуху и другим мешавинама гасова генерисано над водом се састоји из великог броја микропражњења типичног субмикросекундног трајања са струјама до неколико стотина милиампера. Оваква микропражњења су стохастична и тешко се могу систематски истраживати коришћењем

напредних спектроскопских техника које захтевају акумулацију емисија великог броја појединачних микропражњења, јер се они никада не јављају на истом месту и у истим временским размацима. Због тога се приступило истраживању плазменог млаза у хелијуму са течном метом. Наиме показано је да плазмени млаз емитује стримере, јонизационе таласе, који су веома слични стримерима код ДБП-а у контакту са водом, после којих следи прелазно тињаво пражњење које је такође карактеристика микропражњења у ваздуху и микропражњења са течном електродом. Разлика између ова два типа пражњења произилази једино из другачијег састава гасне мешавине у којем пражњење ради, односно вредности првог Таунзендовог јонизационог коефицијента од којег пропација стримера највише зависи. Због тога развој стримера и целокупне интеракције плазменог млаза са течном електродом траје 10-100 пута дуже и простире се на много већим растојањима, што омогућава детаљна, просторно и временски разложена спектроскопска истраживања интеракције између пражњења и течне мете. Резултати просторно-временског развоја плазменог млаза у контакту са течном електродом, развоја електричног поља мереног методом Штаркове поларизационе спектроскопије и мешања гаса и течности услед дејства пражњења помоћу Шлиренове фотографије представљени су у овој докторској дисертацији и рад написан на ову тему се налази на рецензији у часопису *Journal of Physics D: Applied Physics*.

Данас је већ познато да електрична пражњења у течностима и у гасној фази изнад течности генеришу различите реактивне кисеоничне врсте (енг. reactive oxygen species (ROS)) и реактивне азотове врсте (енг. reactive nitrogen species (RNS)) као што су радикали, јони, ексцитовани атоми и молекули ($O\cdot$, $OH\cdot$, H_2O_2 , O_3 , N_2^* , O_2^- , итд.), што чини ова пражњења посебно погодним за деконтаминацију, стерилизацију и пречишћавање. Генерално гледано, третман водених раствора плазмом доводи до формирања ROS и RNS које снажно зависи од електродне конфигурације реактора, примењених радних параметара као и хемијског састава гасне и течне фазе. Ово омогућава конфигурирање најповољнијих услова за сваки изучавани процес у смислу енергетске ефикасности и коначног исхода процеса. Међутим, потпуно разумевање процеса деконтаминације (течности и/или гаса) и манипулације биолошких процеса помоћу плазме захтева велико знање о променама које у течној фази индукује плазма као и мултидисциплинарни приступ овој истраживачкој области који поред познавања физике плазме захтева и знања из области хемије, биологије и медицине у најширем смислу.

Основни резултат докторске дисертације “Дијагностика и примене диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом” је карактеризација плазме и течности у контакту са плазмом ради разумевања физичких и хемијских процеса на граници плазма-течност. Ово обухвата квалитативно и квантитативно дефинисање механизма генерисања активних врста. Присуство различитих загађивача у течности чини веома сложеноу интеракцију плазма-течност још комплекснијом. У фокусу истраживања је био утицај воденог филма на особине пражњења генерисаног у различитим гасним атмосферама (ваздух, азот, кисеоник, аргон и хелијум) и формирање реактивних врста у дестилованој

води при различитим гасовима пражњења. Емисиона и апсорпциона спектроскопија плазме пружају комплетан увид у стварање активних краткоживећих и дугоживећих врста у плазми као и утицај присутва воденог филма на плазму који последично утиче на формирање активних врста у течности. Једињење које је највише проучавано у оваквим врстама пражњења је хидроксил радикал који представља једну од најреактивнијих хемијских врста и од великог је значаја у свим врстама примена. Потешкоћа у праћењу и дијагностиковању формирања овог радикала је његово кратко време живота како у гасној тако и у течној фази што захтева примену напредних метода и on-situ мерења. Применом једињења диметил-сулфоксид као хемијске сонде која се одликује изузетно великом брзином реакције са хидроксил радикалом извршено је директно мерење концентрације хидроксил радикала у води у контакту са плазмом. Утврђена је изузетна ефикасност реактора у генерисању активних врста у течној фази, нарочито формирање хидроксил радикала, и константа брзине реакције формирања појединих врста је и до неколико редова величине већа од података који се могу наћи у литератури за друге конфигурације пражњења са водом или у води. Предности реактора са танким филмом течности који се прелива преко електроде у поређењу са реакторима код којих је електрода уроњена у одређену запремину воде или се налази изнад површине воде огледају се у великом односу површине према запремини код танког филма што доводи до бржег трансфера активних врста из гаса у течност. Такође, ако се у танком филму течности налазе молекули загађивача које је потребно разградити, удаљености које прелазе услед дифузије ка површини течности где долази до реакције са активним врстама су далеко мање него у случају претходно поменутих реактора. Поред хидроксил радикала мерене су и азотне врсте (NO_3^- , NO_2^-), водоник пероксид, озон, оксидациона моћ раствора уз праћење основних параметара као што су рН вредност и проводност. Резултати овог дела докторске дисертације су објављени у часопису *Journal of Physics D: Applied Physics*.

Дисертација садржи и резултате који се односе на неколико примера примене описаног пражњења за уклањање различитих загађујућих супстанци како из гасне тако и из течне фазе. Испитано је уклањање испарљивих угљоводоника у гасној фази користећи као модел испарљива органска једињења ундекан и толуен, која су оба нерастворљива у води. Третманом ових гасова у ДБП-у са воденим филмом показано је да је могуће једињења која су нерастворљива у води услед интеракције са реактивним врстама у плазми разградити до једноставнијих једињења која су растволјива у води, а затим искористити водени филм за „испирање“ гасне фазе односно захватање продуката разградње. Конверзија нерастворљивих једињења у растволјива је обећавајући корак ка развоју компактне иновативне технологије која комбинује плазма третман и технологију скрубера (енг. scrubber). Ови резултати су објављени у часопису *Contributions to Plasma Physics*. Испитина је и могућност примене овог реактора у биомедицинске сврхе а пре свега за инактивацију различитих врста микроорганизама у течностима. Као типични представници грам-позитивних и грам-негативних бактерија узети су сојеви *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* (суспензије са високим концентрацијама 10^7 - 10^9 cfu·ml⁻¹) на

које је примењен метод директног третмана у плазма реактору и индиректан метод који подразумева излагање бактеријске суспензије дејству плазмом активираних воде. У свим експерименталним поставкама постигнута је потпуна инактивација, са мереним концентрацијама испод прага детекције, и висока ефикасаност у поређењу са резултатима објављеним у литератури.

Урађено је и истраживање уклањања различитих загађујућих супстанци у воденој фази које представљају велики проблем у третману отпадних и пијаћих вода. Испитан је утицај различитих хомогених катализатора и њихове дозе на процес деградације хербицида мезотриона, фармацеутског једињења ибупрофена и никотина у ДБП-у са воденим филмом. Коришћењем савремене опреме HPLC-DAD и HPLC-Orbitrap-MS одређена је ефикасност и производи деградације за сваки испитивани систем и испитана је њихова токсичност. Резултати који се односе на третман мезотриона и ибупрофена су публиковани у часопису *Chemical Engineering Journal* и *Science of Total Environment*, респективно.

2.3 Публикације

Кандидат Весна Ковачевић је објавила два рада у међународним часописима у којима су представљени резултати предате докторске дисертације. Трећи рад је тренутно на рецензији. На њима је колегиница Ковачевић водећи аутор који је имао највећи допринос у мерењима и анализи резултата и самом писању рада. Обављала је и целокупну кореспонденцију са уредницима часописа приликом њихове рецензије и објављивања. Следи списак тих радова:

1. Kovačević V V, Dojčinović B P, Jović M, Roglić G M, Obradović B M and Kuraica M M, Measurement of reactive species generated by dielectric barrier discharge in direct contact with water in different atmospheres *J. Phys. D. Appl. Phys.* 50 (2017) 155205 (IF 2,772; M21)
2. Brandenburg R, Kovačević V V., Schmidt M, Basner R, Kettlitz M, Sretenović G B, Obradović B M, Kuraica M M and Weltmann K-D, Plasma-Based Pollutant Degradation in Gas Streams: Status, Examples and Outlook, *Contrib. to Plasma Phys.* 54 (2014) 202–214 (IF 1,440; M22)
3. Kovačević V V, Sretenović G B, Slikboer E, Guaitella O, Sobota A and Kuraica M M, The effect of liquid target on a nonthermal plasma jet – imaging, electric fields, visualization of gas flow and optical emission spectroscopy, *J. Phys. D. Appl. Phys.* *under review*

У докторској дисертацији делимично су коришћени резултати који показују ефикасност диелектричног баријерног пражњења са течном електродом у деградацији

различитих штетних хемијских једињења, а који су публиковани у два научна рада у чијој изради је учествовала колегиница Ковачевић:

4. Jović M S, Dojčinović B P, Kovačević V V., Obradović B M, Kuraica M M, Gašić U M and Roglić G M, Effect of different catalysts on mesotrione degradation in water falling film DBD reactor, Chem. Eng. J. 248 (2014) 63–70 (IF 6,216; M21a)
5. Marković M, Jović M, Stanković D, Kovačević V, Roglić G, Gojgić-Cvijović G, Manojlović D, Application of non-thermal plasma reactor and Fenton reaction for degradation of ibuprofen, Sci. Total Environ. 505 (2015) 1148-1155 (IF 4.900; M21a)

Објављено је и 25 различитих саопштења на међународним конференцијама:

1. A. Sobota, V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, I. B. Krstić, B. M. Obradović, M. M. Kuraica, E. Slikboer, O. Guaitella, Influence of target on electric field in kHz-driven atmospheric pressure plasma jet in Helium, XXXIII International conference on phenomena in ionized gases- ICPIG, July 9-14, 2017, Estoril/Lisbon, Portugal
2. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, E. Slikboer, O. Guaitella, A. Sobota, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Diagnostics of a kHz helium atmospheric pressure plasma jet interacting with liquid, FLTPD XII- 12th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 23-27 April, 2017, Zlatibor, Serbia
3. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Influence of the Liquid Target on the Electric Field Strength in Helium Plasma Jet 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2016), August 29- September 2, 2016, Belgrade, Serbia
4. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Electric field measurement in helium plasma jet contacting the water surface International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic
5. V. V. Kovačević, B. Dojčinović, J. Krupež, M. Jović, M. Natić, G. B. Sretenović, D. Manojlović, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Application of water falling film dbd for degradation of nicotine in water solutions International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic
6. Sobota, O. Guaitella, G.B. Sretenovic, I. B. Krstic, V.V. Kovacevic, A. Obrusnik, Y.N. Nguyen, L. Zajickova, B.M. Obradovic, M.M. Kuraica, Role of electric field in the fluid dynamics of a kHz-driven He jet 23rd Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG 2016), 12-16 July, 2016, Bratislava, Slovakia

7. M.M. Kuraica, B.M. Obradović, V.V. Kovačević, I.B. Krstić, G.B. Sretenović, B. Vuković, Z. Tambur and D. Cenić-Milošević, Spectroscopic diagnostics and bactericidal efficacy of DBD helium plasma jets BIOPLASMAS & PLASMAS WITH LIQUIDS, Joint Conference of COST ACTIONS TD1208 “Electrical discharges with liquids for future applications” & MP1101 Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology, 13th-16th September 2015, Bertinoro, Italy
8. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, Diagnostics of water falling film dielectric barrier discharge BIOPLASMAS & PLASMAS WITH LIQUIDS, Joint Conference of COST ACTIONS TD1208 “Electrical discharges with liquids for future applications” & MP1101 Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology, 13th-16th September 2015, Bertinoro, Italy
9. Jelena Krupež, Biljana Dojčinović, Vesna Kovačević, Milica Jović, Maja Natić, Milorad Kuraica, Dragan Manojlović, Bratislav Obradović, Degradation of Nicotine in Water Solutions using DBD Plasma Reactor: Direct, Indirect and Catalytic Treatment The Sixth Central European Symposium on Plasma Chemistry (CESPC-6), September 6-10, 2015, Bressanone, Italy
10. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, M. Kuraica, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, Diagnostics and applications of water falling film DBD reactor The Sixth Central European Symposium on Plasma Chemistry (CESPC-6), September 6-10, 2015, Bressanone, Italy
11. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, Dielectric barrier discharge in contact with liquids: Diagnostics and Applications XXXII ICPIG- International Conference on Phenomena in Ionized Gases, 26-31 July 2015, Iasi, Romania
12. Kovačević V, Dojčinović B, Jović M, Sretenović G, Roglić G, Obradović B, Kuraica M M,, Formation of reactive species in water falling film DBD FLTPD XI- 11th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 24-28 May, 2015, Porquerolles island, France
13. Kovačević V, Dojčinović B, Šupica, D, Jović M, Sretenović G, Roglić G, Obradović B, Kuraica M M, Formation of reactive species in water treated by water falling film dbd in different gases HAKONE XIV- 14th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 21-26, 2014, Zinnowitz, Germany
14. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V, Obradović B M and Kuraica M M Experimental study of electric field development in plasma jet 27th Summer School And International Symposium On The Physics Of Ionized Gases, August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia
15. Kovačević V V, Dojčinović B P, Aonyas M M, Jović M, Sretenović G B, Krstić I B, Roglić G M, Obradović B M and Kuraica M M Hydroxyl radical formation in liquid phase of gas-

liquid dielectric barrier discharge reactor 27th Summer School And International Symposium On The Physics Of Ionized Gases, August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia

16. V.V. Kovačević, B.P. Dojčinović, D. Šupica, M. Jović, G.M. Roglić, B.M. Obradović and M.M. Kuraica "Formation of reactive oxygen and nitrogen species in water falling film dbd", 5th Central European Symposium on Plasma Chemistry, August 25-29, 2013, Balatonalmadi, Hungary
17. Vesna V. Kovačević, Mareike Hänsch, Ronny Brandenburg, Thomas von Woedtke, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, "Inactivation of E. coli and S. aureus by water falling film dbd", VII International Conference- Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT-7), September 17 – 21, 2012, Minsk, Belarus.
18. Vesna V. Kovačević, Mareike Hänsch, Ronny Brandenburg, Thomas von Woedtke, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, " Antimicrobial activity of sodium chloride solution treated in water falling film dbd reactor ", HAKONE XIII- 13th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 9-14, 2012, Kazimierz Dolny, Poland.
19. Vesna V. Kovačević, Ronny Brandenburg, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, " Degradation of undecane and toluene in air by water falling film dbd reactor ", HAKONE XIII- 13th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 9-14, 2012, Kazimierz Dolny, Poland.
20. Vesna V. Kovačević, Ronny Brandenburg, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović and Milorad M. Kuraica, "Characteristics of toluene degradation by water falling film DBD reactor", 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 27-31, 2012, Zrenjanin, Serbia.
21. Goran B. Sretenović, Ivan B. Krstić, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, and Milorad M. Kuraica, "Spectroscopic measurements of electric field in low frequency dbd plasma jet", 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 27-31, 2012, Zrenjanin, Serbia.
22. Vesna V. Kovačević, Goran B. Sretenović, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica, " Measurement of some chemically active species in water falling film DBD in air", The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia
23. B. Obradović, V. Kovačević, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, J. Purić, "Applications of water falling film dielectric barrier discharge", The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia
24. Vesna Kovačević, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica and Jagoš Purić, "Investigation of Electrical and Spectral Characteristics of Water Falling Film DBD in Different gases", HAKONE XII- 12th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, 12.-17.9.2010, Trenčianske Teplice, Slovakia

25. Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica and Jagoš Purić, "Electrical and Spectral Diagnostics of Water Falling Film DBD in Nitrogen and Air", 25th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August, 30 – September, 3. 2010. Donji Milanovac, Serbia.

2.4 Преглед научних резултата изложених у тези

Ова докторска дисертација посвећена је истраживању диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом и његовим применама.

У диелектричном баријерном пражњењу (ДБП) са падајућим воденим филмом испитана је интеракција плазме и течности са карактеризацијом физичких и хемијских особина гасне и течне фазе. Основни допринос овог истраживања је унапређење разумевања хемијских процеса које неравнотежна плазма на атмосферском притиску индукује у течностима. Плазма у ДБП реактору испитивана је уз помоћ емисионе спектроскопије и електричних мерења. Испитано је формирање хидроксил радикала ($\cdot\text{OH}$) и дугоживећих хемијских врста (H_2O_2 , O_3 , NO_3^- и NO_2^-) у води и диметил сулфоксиду који су изложени деловању неравнотежне плазме у ДБП реактору са воденим филмом у зависности од гасне атмосфере (ваздух, азот, кисеоник, аргон и хелијум). У фокусу овог истраживања било је формирање хидроксил радикала и могући утицај његовог захватања хемијском сондом (диметил сулфоксид) на формирање дугоживећих врста. Утврђено је да реакција рекомбинације хидроксил радикала суштински одређује формирање водоник-пероксида у пражњењима у ваздуху, азоту и аргону.

За просторно- временско истраживање интеракције плазме са водом коришћен је хелијумов плазмени млаз у контакту са водом. Мерене су расподеле емисије неколико ексцитованих хемијских врста да би се идентификовао главни механизам ексцитације. Коришћењем метода Штаркове поларизационе спектроскопије, измерена је расподела јачине електричног поља у хелијумовом плазменом млазу који интерагује са течном методом и ови резултати су упоређени са слободним плазменим млазом. Ова мерења подражана су и истовременом Шлиреновом визуелизацијом плазменог млаза и водене мете. Користећи неколико дијагностичких метода, показано је да незнатне промене неелектричних параметара, као што је удаљеност мете и брзина протока гаса, могу у потпуности да промене природу пражњења. Течна мета утиче на састав гаса и мења потенцијал у гапу, нарочито у њеној близини, што се уочава кроз мерене вредности електричног поља. Ове вредности су у опсегу 8-30 kV/cm, и зависе само од протока гаса и растојања мете, и сагласне су са резултатима моделовања. Шлиреновом визуелизацијом демонстрирана је интеракција између протока гаса и саме плазме. Посебан допринос ове студије је документован утицај плазменог млаза на мешање течности и представља прве резултате мерење електричног поља у хелијумовом плазменом млазу у контакту са водом.

Добијени резултати су од нарочитог значаја за примене плазмених млазева у плазма медицини.

У оквиру истраживања примена ДБП са воденим филмом испитано је уклањање испарљивих угљоводоника у гасној фази, који су нерастворљиви у води. Демонстрирана је деградација ундекана и толуена са смањеном емисијом нуспроизвода као и конверзија нерастворљивих једињења у растворљива, помоћу плазме. Испитана је инактивација различитих врста микроорганизама (*Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*) у течностима.

Сам рад је подељен на увод, четири главе и закључак.

Прва глава представља уводни део ове дисертације у којој су обрађени основни појмови електричних гасних пражњења неопходни за разумевање резултата мерења у диелектричном баријерном пражњењу са воденим филмом и хелијумовом плазменом млазу у контакту са воденом метом. Посебно поглавље посвећено је неравнотежним, нискотемпературним пражњењима на атмосферском притиску. Обрађени су и механизми електричног пробоја у гасу, Таунзендов пробој и стримерски пробој. Највећи део прве главе посвећен је диелектричном баријерном пражњењу, које је централна тема ове дисертације. Дате су најчешће конструкције и примене, као и основне карактеристике филаментарног и дифузног мода диелектричног баријерног пражњења. Као посебан тип пражњења обрађени су плазмени млазеви и њихове основне карактеристике. Ради разумевања мотивације за изучавање електричних гасних пражњења у контакту са водом и описивања њихових основних карактеристика посебно поглавље је посвећено неравнотежној плазми у контакту са течностима и у течностима.

У другој глави представљена је дијагностика диелектричног баријерног пражњења са падајућим воденим филмом. Описана је конструкција реактора, поставка електричних и спектроскопских мерења а дат је и опис хемијских метода за анализу третиране течности. Друго поглавље посвећено је резултатима експеримената и дискусији. Приказани су резултати електричних мерења, емисиони спектри и резултати мерења концентрација одређених хемијских врста насталих у течности у контакту са плазмом. Дискутован је утицај параметара пражњења и присуства воденог филма на електричне особине пражњења и емисионе спектре. Посебно су дискутовани хемијски процеси у течности индуковани плазмом, интеракција плазме и течности као и утицај процеса у гасној фази на формирање реактивних врста у течној фази. Дати су и најважнији закључци.

Трећа глава посвећена је интеракцији плазменог млаза и воде. У уводном делу описана је мотивација за истраживање интеракције плазменог млаза и течне мете. У поглављу експеримент и методе мерења описана је конструкција плазменог млаза, поставка експеримента за Штаркову поларизациону спектроскопију и снимање емисионих спектра, поставка експеримента за Шлиренову визуелизацију и дат је опис метода мерења. Резултати и дискусија дати су у трећем поглављу. Приказан је временски разложен развој плазме у хелијумовом плазменом млазу на атмосферском притиску и утицај течне мете. Затим је дата просторна расподела емисије неких ексцитованих врста.

Просторна расподела јачине електричног поља у плазменом млазу у контакту са течном метом, при различитим параметрима пражњења, такође је представљена у овој глави. Приказани су и резултати Шлиренове визуелизације који демонстрирају интеракцију између протока гаса и саме плазме. Посебан допринос ове студије је документован утицај плазменог млаза на мешање течности.

Четврта глава посвећена је применама диелектричног баријерног пражњења са падајућим воденим филмом. Дато је неколико примера примене који обухватају деградацију испарљивих органских једињења у гасној фази, инактивацију микроорганизама у воденом раствору и испитивање деградације мезотриона, ибупрофена и никотина у воденим растворима у диелектричном баријерном пражњењу са падајућим воденим филмом. Сви процеси деградације и инактивације показали су високу ефикасност, док је у процесима деградације штетних једињења у воденим растворима показано да су нуспроизводи нетоксични.

3 Списак публикација кандидата

Списак радова објављених у научним часописима међународног значаја

1. Obradović B M, Cvetanović N, Ivković S S, Sretenović G B, Kovačević V V., Krstić I B and Kuraica M M, Methods for spectroscopic measurement of electric field in atmospheric pressure helium discharges, Eur. Phys. J. Appl. Phys. 77 (2017) 30802 (IF 0,684; M23)
2. Sretenović G B, Guaitella O, Sobota A, Krstić I B, Kovačević V V., Obradović B M and Kuraica M M Electric field measurement in the dielectric tube of helium atmospheric pressure plasma jet, J. Appl. Phys. 121 (2017) 123304 (IF 2.101; M22)
3. Kovačević V V, Dojčinović B P, Jović M, Roglić G M, Obradović B M and Kuraica M M, Measurement of reactive species generated by dielectric barrier discharge in direct contact with water in different atmospheres J. Phys. D. Appl. Phys. 50 (2017) 155205 (IF 2,772; M21)
4. Sobota A, Guaitella O, Sretenović G B, Krstić I B, V V Kovačević V V, Obrusník A, Nguyen Y N, Zajíčková L, Obradović B M and Kuraica M M, Electric field measurements in a kHz-driven He jet - the influence of the gas flow speed, Plasma Sources Sci. Technol. 25 (2016) 065026 (IF 3,302; M21a)
5. B M Obradović, M Ivković, S S Ivković, N Cvetanović, G B Sretenović, V V Kovačević, I B Krstić and M M Kuraica, Inhomogeneity in laboratory plasma discharges and Stark shift measurement, Astrophys Space Sci 316 (2016) 42 (IF 2,263; M22)

6. Marković M, Jović M, Stanković D, Kovačević V, Roglić G, Gojgić-Cvijović G, Manojlović D, Application of non-thermal plasma reactor and Fenton reaction for degradation of ibuprofen, *Sci. Total Environ.* 505 (2015) 1148-1155 (IF 4.900; M21a)
7. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V, Obradović B M and Kuraica M M, 2014 The isolated head model of the plasma bullet/streamer propagation: electric field-velocity relation, *J. Phys. D. Appl. Phys.* 47 (2014) 355201 (IF 2,772; M21)
8. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V, Obradović B M and Kuraica M M, Spatio-temporally resolved electric field measurements in helium plasma jet, *J. Phys. D. Appl. Phys.* 47 (2014) 102001 (IF 2,722; M21)
9. Jović M S, Dojčinović B P, Kovačević V V., Obradović B M, Kuraica M M, Gašić U M and Roglić G M, Effect of different catalysts on mesotrione degradation in water falling film DBD reactor, *Chem. Eng. J.* 248 (2014) 63–70 (IF 6,216; M21a)
10. Brković D V., Kovačević V V., Sretenović G B, Kuraica M M, Trišović N P, Valentini L, Marinković A D, Kenny J M and Uskoković P S, Effects of dielectric barrier discharge in air on morphological and electrical properties of graphene nanoplatelets and multi-walled carbon nanotubes, *J. Phys. Chem. Solids* 75 (2014) 858–68 (IF 2,048; M22)
11. Brandenburg R, Kovačević V V., Schmidt M, Basner R, Kettlitz M, Sretenović G B, Obradović B M, Kuraica M M and Weltmann K-D, Plasma-Based Pollutant Degradation in Gas Streams: Status, Examples and Outlook, *Contrib. to Plasma Phys.* 54 (2014) 202–214 (IF 1,440; M22)
12. Sretenović G B, Obradović B M, Kovačević V V. and Kuraica M M, Pulsed corona discharge driven by Marx generator: Diagnostics and optimization for NO_x treatment, *Curr. Appl. Phys.* 13 (2013)121–129 (IF 2,212; M21)
13. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V., Obradović B M and Kuraica M M, Spectroscopic Study of Low-Frequency Helium DBD Plasma Jet, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 40 (2012) 2870–2878 (IF 1,174; M22)
14. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V, Obradović B M and Kuraica M M, Spectroscopic measurement of electric field in atmospheric-pressure plasma jet operating in bullet mode, *Appl. Phys. Lett.* 99 (2011) 161502 (IF 3.844; M21)

Радови у зборницима међународних конференција

1. X. Damany, G. Sretenović, S. Iséni, V. Kovačević, I. Krstić, S. Dozias, J.-M. Pouvesle, M. Kuraica and E. Robert, Comparison of two electric field measurement methods for a kHz microsecond atmospheric pressure plasma jet, XXXIII International conference on phenomena in ionized gases- ICPIG, July 9-14, 2017, Estoril/Lisbon, Portugal
2. A. Sobota, V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, I. B. Krstić, B. M. Obradović, M. M. Kuraica, E. Slikboer, O. Guaitella, Influence of target on electric field in kHz-driven atmospheric pressure plasma jet in Helium, XXXIII International conference on phenomena in ionized gases- ICPIG, July 9-14, 2017, Estoril/Lisbon, Portugal
3. M. M. Kuraica, G. B. Sretenović, V. V. Kovačević, I. B. Krstić, B. M. Obradović, N. Cvetenović and R. Brandenburg, Electric field measurements in DBD plasma jet using intensity ratio of helium lines, XXXIII International conference on phenomena in ionized gases- ICPIG, July 9-14, 2017, Estoril/Lisbon, Portugal
4. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, E. Slikboer, O. Guaitella, A. Sobota, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Diagnostics of a kHz helium atmospheric pressure plasma jet interacting with liquid, FLTPD XII- 12th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 23-27 April, 2017, Zlatibor, Serbia
5. G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, V. V. Kovačević, A. Obrusník, E. Slikboer, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Gas flow and target influence on the electric field in helium plasma jet, FLTPD XII- 12th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 23-27 April, 2017, Zlatibor, Serbia
6. S. Iséni, X. Damany, G. Sretenović, V. Kovačević, I. Krstić, S. Dozias, J.-M. Pouvesle, M. Kuraica and E. Robert, Electric Field and Discharge Properties of Single and Multiple Arrangement of Pulsed Atmospheric Plasma Streams 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2016), August 29- September 2, 2016, Belgrade, Serbia
7. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Influence of the Liquid Target on the Electric Field Strength in Helium Plasma Jet 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2016), August 29- September 2, 2016, Belgrade, Serbia
8. E. T. Slikboer, Y. N. Nguyen, O. Guaitella, G. Sretenović, A. Obrusník and A. Sobota, Electric Fields in kHz-Driven Plasma Jets 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG 2016), August 29- September 2, 2016, Belgrade, Serbia
9. G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, V. V. Kovačević, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Influence of the gas flow rate on the electric field strength in helium

plasma jet International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic

10. V. V. Kovačević, G. B. Sretenović, A. Sobota, O. Guaitella, I. B. Krstić, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Electric field measurement in helium plasma jet contacting the water surface International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic
11. V. V. Kovačević, B. Dojčinović, J. Krupež, M. Jović, M. Natić, G. B. Sretenović, D. Manojlović, B. M. Obradović and M. M. Kuraica, Application of water falling film dbd for degradation of nicotine in water solutions International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic
12. B. M. Obradović, N. Cvetanović, S. S. Ivković, G. B. Sretenović, V. V. Kovačević, I. B. Krstić and M. M. Kuraica, Measurement of electric field in atmospheric pressure discharges using Stark polarization spectroscopy International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry (HAKONE XV), 11-16 September, 2016, Brno, Czech Republic
13. Sobota, O. Guaitella, G.B. Sretenovic, I. B. Krstic, V.V. Kovacevic, A. Obrusnik, Y.N. Nguyen, L. Zajickova, B.M. Obradovic, M.M. Kuraica, Role of electric field in the fluid dynamics of a kHz-driven He jet 23rd Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG 2016), 12-16 July, 2016, Bratislava, Slovakia
14. Goran B. Sretenović, Ivan B. Krstić, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović and Milorad M. Kuraica, Electric field diagnostics of helium plasma jets 23rd Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG 2016), 12-16 July, 2016, Bratislava, Slovakia
15. M.M. Kuraica, B.M. Obradović, V.V. Kovačević, I.B. Krstić, G.B. Sretenović, B. Vuković, Z. Tambur and D. Cenić-Milošević, Spectroscopic diagnostics and bactericidal efficacy of DBD helium plasma jets BIOPLASMAS & PLASMAS WITH LIQUIDS, Joint Conference of COST ACTIONS TD1208 “Electrical discharges with liquids for future applications” & MP1101 Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology, 13th-16th September 2015, Bertinoro, Italy
16. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, Diagnostics of water falling film dielectric barrier discharge BIOPLASMAS & PLASMAS WITH LIQUIDS, Joint Conference of COST ACTIONS TD1208 “Electrical discharges with liquids for future applications” & MP1101 Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology, 13th-16th September 2015, Bertinoro, Italy
17. Jelena Krupež, Biljana Dojčinović, Vesna Kovačević, Milica Jović, Maja Natić, Milorad Kuraica, Dragan Manojlović, Bratislav Obradović, Degradation of Nicotine in Water Solutions using DBD Plasma Reactor: Direct, Indirect and Catalytic Treatment The Sixth

Central European Symposium on Plasma Chemistry (CESPC-6), September 6-10, 2015, Bressanone, Italy

18. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, M. Kuraica, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, Diagnostics and applications of water falling film DBD reactor The Sixth Central European Symposium on Plasma Chemistry (CESPC-6), September 6-10, 2015, Bressanone, Italy
19. B. Obradović, V. Kovačević, G. Sretenović, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, Dielectric barrier discharge in contact with liquids: Diagnostics and Applications XXXII ICPIG- International Conference on Phenomena in Ionized Gases, 26-31 July 2015, Iasi, Romania
20. Kovačević V, Dojčinović B, Jović M, Sretenović G, Roglić G, Obradović B, Kuraica M M., Formation of reactive species in water falling film DBD FLTPD XI- 11th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 24-28 May, 2015, Porquerolles island, France
21. Sretenović G, Krstić I, Kovačević V, Obradović B, Kuraica, Measurement of electric field development in He plasma jet FLTPD XI- 11th Workshop on Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics, 24-28 May, 2015, Porquerolles island, France
22. Kovačević V, Dojčinović B, Šupica, D, Jović M, Sretenović G, Roglić G, Obradović B, Kuraica M M, Formation of reactive species in water treated by water falling film dbd in different gases HAKONE XIV- 14th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 21-26, 2014, Zinnowitz, Germany
23. Sretenović G, Krstić I, Kovačević V, Obradović B, Kuraica, M Experimental study of the electric field development in helium plasma jet HAKONE XIV- 14th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 21-26, 2014, Zinnowitz, Germany
24. Sretenović G B, Krstić I B, Kovačević V V, Obradović B M and Kuraica M M Experimental study of electric field development in plasma jet 27th Summer School And International Symposium On The Physics Of Ionized Gases, August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia
25. Kovačević V V, Dojčinović B P, Aonyas M M, Jović M, Sretenović G B, Krstić I B, Roglić G M, Obradović B M and Kuraica M M Hydroxyl radical formation in liquid phase of gas-liquid dielectric barrier discharge reactor 27th Summer School And International Symposium On The Physics Of Ionized Gases, August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia
26. Obradović B M, Ivković SS, Sretenović G B, Kovačević VV, Krstić I B, Cvetanović N and Kuraica M M, On the electric field measurements in helium atmospheric pressure discharges, XX Symposium on Physics of Switching Arc, September 2-6, 2013, Nove Mesto na Morave, Czech Republic

27. V.V. Kovačević, B.P. Dojčinović, D. Šupica, M. Jović, G.M. Roglič, B.M. Obradović and M.M. Kuraica “Formation of reactive oxygen and nitrogen species in water falling film dbd”, 5th Central European Symposium on Plasma Chemistry, August 25-29, 2013, Balatonalmadi, Hungary
28. Vesna V. Kovačević, Mareike Hänsch, Ronny Brandenburg, Thomas von Woedtke, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, “Inactivation of E. coli and S. aureus by water falling film dbd”, VII International Conference- Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT-7), September 17 – 21, 2012, Minsk, Belarus.
29. Vesna V. Kovačević, Mareike Hänsch, Ronny Brandenburg, Thomas von Woedtke, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, “ Antimicrobial activity of sodium chloride solution treated in water falling film dbd reactor ”, HAKONE XIII- 13th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 9-14, 2012, Kazimierz Dolny, Poland.
30. Vesna V. Kovačević, Ronny Brandenburg, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica, “ Degradation of undecane and toluene in air by water falling film dbd reactor ”, HAKONE XIII- 13th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 9-14, 2012, Kazimierz Dolny, Poland.
31. Goran B. Sretenović, Ivan B. Krstić, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica, “ Spectroscopic study of helium dbd plasma jet”, HAKONE XIII- 13th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, September 9-14, 2012, Kazimierz Dolny, Poland.
32. Vesna V. Kovačević, Ronny Brandenburg, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović and Milorad M. Kuraica, “Characteristics of toluene degradation by water falling film DBD reactor”, 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 27-31, 2012, Zrenjanin, Serbia.
33. Ivan B. Krstić, Goran B. Sretenović, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, and Milorad M. Kuraica, “Electrical and spectral characteristics of dbd plasma jet”, 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 27-31, 2012, Zrenjanin, Serbia.
34. Goran B. Sretenović, Ivan B. Krstić, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, and Milorad M. Kuraica, “Spectroscopic measurements of electric field in low frequency dbd plasma jet”, 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 27-31, 2012, Zrenjanin, Serbia.
35. Vesna V. Kovačević, Goran B. Sretenović, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica, “ Measurement of some chemically active species in water falling film DBD in air“, The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia

36. B. Obradović, V. Kovačević, B. Dojčinović, G. Roglić, D. Manojlović, M. Kuraica, J. Purić, “Applications of water falling film dielectric barrier discharge“, The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia
37. Ivan B. Krstić, Goran B. Sretenović, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović and Milorad M. Kuraica, Spectroscopic measurement of electric field in atmospheric-pressure plasma jet operating in bullet mode, The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia
38. Goran B. Sretenović, Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica, “Measurement of ozone and nitrogen oxides (NO and NO₂) in dielectric barrier discharge in air“, The Fourth Central European Symposium on Plasma Chemistry, 12.-25.08.2011., Zlatibor, Serbia
39. G. Sretenović B. Obradović, V. Kovačević, M. Kuraica, “Study of electrical characteristics of pulsed corona discharge“, 8th International Symposium on Applied Plasma Science (ISAPS '11), 26.-30.09.2011., Hakone, Japan
40. Vesna Kovačević, Bratislav M. Obradović, Milorad M. Kuraica and Jagoš Purić, “Investigation of Electrical and Spectral Characteristics of Water Falling Film DBD in Different gases”, HAKONE XII- 12th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, 12.-17.9.2010, Trenčianske Teplice, Slovakia
41. Goran B. Sretenović, Bratislav M. Obradović, Vesna V. Kovačević, Milorad M. Kuraica, “Pulsed Corona Driven by a Compact Repetitive Marx Generator”, HAKONE XII- 12th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, 12.-17.9.2010, Trenčianske Teplice, Slovakia
42. Goran B. Sretenović, Bratislav M. Obradović, Vesna V. Kovačević, Milorad M. Kuraica and Jagoš Purić Pulsed Corona Discharge Generated by Marx Generator, 25th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August, 30 – September, 3. 2010. Donji Milanovac, Serbia.
43. Vesna V. Kovačević, Bratislav M. Obradović, Goran B. Sretenović, Milorad M. Kuraica and Jagoš Purić, “Electrical and Spectral Diagnostics of Water Falling Film DBD in Nitrogen and Air”, 25th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August, 30 – September, 3. 2010. Donji Milanovac, Serbia.
44. M.M. Kuraica, B.M. Obradović, G. Sretenović, V. Kovačević, B. Dojčinović, D. Manojlović, "Direct and indirect oxidation methods for simultaneous NO, NO₂ and SO₂ removal from coal-burning flue gas", HAKONE XI- 11th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, 7-12 september, 2008, Oleron, France.
45. M. M. Kuraica, B. M. Obradović, G. Sretenović, B. Dojčinović, D. Manojlović, “Testing of Industrial Prototype for Simultaneous Removal of NO_x and SO₂ from Coal-Burning Flue

Gas using Direct and Indirect Oxidation Methods”, PDP-VII, September 22-26, 2008 Minsk, Belarus.

46. M.M. Kuraica, B.M. Obradović, G. Sretenović, V. Kovačević, B. Dojčinović, D. Manojlović, "Direct and indirect oxidation methods for simultaneous NO, NO₂ and SO₂ removal from coal-burning flue gas", HAKONE XI- 11th International Symposium on High Pressure, Low Temperature Plasma Chemistry, 7-12 september, 2008, Oleron, France.
47. V.V.Kovačević, B.P. Dojčinović, B.M. Obradović, M.M. Kuraica, D.D. Manojlović, V.V. Rakić, Chemical Synthesis and Characterization of Lithium Orthosilicate (Li₄SiO₄). CO₂ Absorption Capacities, Ninth Annual Conference of the Yugoslav Materials Research Society”, 10-14. september 2007., Herceg Novi, Montenegro (2007) 89

ЗАКЉУЧАК

На основу изложеног Комисија закључује да докторски рад „**Дијагностика и примене диелектричног баријерног пражњења у контакту са водом**“ који је предала кандидат **Весна Ковачевић**, даје значајан допринос области **Физика јонизованих гасова и плазме**. Делови тезе кандидата су публиковани у врхунским међународним часописима и већ имају значајан број цитата. Пошто су сви остали прописани услови за одбрану тезе задовољени, са задовољством

ПРЕДЛАЖЕМО

Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри њену јавну одбрану.

У Београду, 16.11.2017. године

Чланови комисије:

др Милорад Кураица, редовни професор,
Универзитет у Београду – Физички факултет

др Братислав Обрадовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Физички факултет

др Горан Роглић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Хемијски факултет