

ЦЕНТАР ЗА МЕТЕОРОЛОГИЈУ И МОДЕЛИРАЊЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ,
АЦИМСИ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 24.11.2014., Сенат Универзитета у Новим Саду</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проф. др Дарко Капор, редовни професор у пензији, Теоријска физика, 1990. година, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, председник • проф. др Драгутин Т. Михаиловић, редовни професор, Метеорологија, физика и биофизика, 1995. година, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, члан • проф. др Ивана Максимовић, редовни професор, Физиологија биљака, 2007. година, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, члан • проф. др Бранислава Лалић, ванредни професор, Метеорологија, физика и биофизика, 2011. година, Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, ментор, члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Ана, Бела, Фирањ</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 06.02.1983., Сомбор, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Инжењерство заштите животне средине, Дипломирани инжењер заштите животне средине - мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2008. година, Докторске академске студије Метеорологије и моделирања животне средине, Центар за метеорологију и моделирање животне средине, АЦИМСИ, Универзитет у Новим Саду</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Моделирање турбулентног транспорта угљен-диоксида и азотних оксида у површинском слоју атмосфере изнад руралне области</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација дипл. инж. мастер Ане Фирањ има укупно 181 страну. Текст дисертације изложен је на 140 страна. У дисертацији је дат сажетак на српском и на енглеском језику, садржај на 2 стране, списак литературе на 10 страна, додаци на 8 страна и листа симбола и скраћеница на 7 страна. У раду је приказана 71 слика (59 графикана, 10 слика, 2 схеме) и 30 табела. Рад је подељен у три тематске целине:

- а) Теоријске основе, проблем и циљ истраживања - 1. Увод (6 стр.), 2. Размена гасова између биосфере и површинског слоја атмосфере (37 стр.),
- б) Кораци у нумеричком моделирању турбулентног транспорта гасова - 3. Моделирање турбулентног транспорта угљен-диоксида (15 стр.), 4. Моделирање турбулентног транспорта азотних оксида (7 стр.),
- в) Резултати и закључци - 5. Каплована MLC-LAPS SVAT схема (13 стр.), 6. Верификација капловане MLC-LAPS схеме (55 стр.), 7. Закључак и будући планови (4 стр.),
- г) Додаци - А. Хемијске реакције гасне фазе Carbon Bond Mechanism IV (CBM4) (4 стр.), Б. Табеле Б.1-Б.5 у којима су дате вредности статистичких параметара на основу којих је обављена квантитативна анализа резултата (4 стр.), Листа скраћеница (1 стр.), Листа хемијских симбола (1 стр.), Листа симбола (5 стр.).

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Циљ истраживања био је да се на темељима постојећих сазнања о процесима који описују нето размену гасова стаклене баште у систему тло-вегетација-атмосфера и резултата микрометеоролошких експеримената, који су изведени у различитим шумама, унапреди моделирање продукције, транспорта и асимилације угљен-диоксида и азотних оксида у атмосфери у присуству високе вегетације. У ту сврху обављено је капловање (спрезање) једне физичке (LAPS - *Land-Air Parameterization Scheme*) и једне хемијске (MLC-Chem - *Multi-Layer Canopy exchange model*) површинске схеме, дизајниран је нови модул за симулацију нето размене угљен-диоксида и предложен је нови концепт скалирања (преласка) моделираних величина са нивоа листа на ниво биљног склопа.

У првом делу рада кандидат упознаје потенцијалног читаоца са проблемом емисије угљен-диоксида и азотних оксида, као значајних представника гасова стаклене баште и атмосферских оксиданата, из природних извора и животним веком гасова у систему тло-вегетација-атмосфера. Утицај средине на животне циклусе гасова посматран је у танком слоју ваздуха изнад голог земљишта и тла прекривеног вегетацијом. Посебан акценат стављен је на присуство вегетације на тлу која снажно утиче на динамику размене гасова, енергије, и количине кретања између тла и атмосфере. Проблем и циљеви истраживања јасно су представљени у првом делу. Сложеност теме оправдава дужину увода и описа проблематике моделирања турбулентног транспорта пасивних и реактивних гасова у површинском слоју атмосфере.

Разрада проблема моделирања физичких, физиолошких и хемијских процеса који су од значаја за турбулентни транспорт гасова, представљена у другом делу, истакла је јасну разлику између поступка моделирања пасивних и реактивних гасова. Свакој групи гасова посвећена је посебна пажња, описивањем математичког моделирања сваког појединог процеса, који утичу на промену концентрације гаса и турбулентни флуks који карактерише интензитет размене између тла и атмосфере. Теоријски оквири моделирања нето размене угљен-диоксида између тла и атмосфере, описани су кроз моделирање: фотосинтезе, снабдевања листа гасовима, стоматерног отпора, респирације из земљишта и скалирања са малих размера листа на цео биљни склоп. Реактивни гасови су разматрани као засебна целина. Разлог за раздвајање описа угљен-диоксида од азотних оксида је управо хемијска реактивност која утиче на турбулентни транспорт азотних оксида. Теоријски оквири моделирања, представљени у овом делу, обухватају моделирање: суве депозиције, емисије, хемијских процеса и преласка са малих размера листа на цео биљни склоп.

Трећи део дисертације проистекао из теоријских основа моделирања представљених у другом делу, нуди одговоре на нека питања и проблеме постављене у првом делу дисертације. Моделирање турбулентног транспорта угљен-диоксида започело је избором одговарајуће технике и развијањем модула за прорачун нето размене између тла и атмосфере. Развијен је нови поступак за скалирање интензитета фотосинтезе. Нови поступак скалирања укључио је

облик крошње односно прорачун утицаја облика крошње на интензитет асимилације гасова. Моделирање турбулентног транспорта азотних оксида изведено је употребом постојећих сазнања о моделирању хемијских процеса. Развијени поступак скалирања употребљен је и приликом параметризације турбулентног транспорта азотних оксида. Описане су потребе и поступак капловања две схеме и креирање MLC-LAPS схеме. У оквиру трећег дела извршена је верификација схема које су ушле у оквир MLC-LAPS схеме. LAPS схема је верификована на полусатним и сатним мерењима, у току месец дана, турбулентног флуksа осетне и латентне топлоте као и нето апсорбованог зрачења, температуре и релативне влажности ваздуха унутар биљног склопа на четири карактеристична шумска локалитета. MLC-Chem схема верификована је на једном локалитету због недостатка мерења на другим локалитетима. Тестиран је и развијени поступак скалирања величина преко модула за параметризацију турбулентног флуksа угљен-диоксида на четири локалитета. На крају су тестиране могућности капловане MLC-LAPS схеме. Проверен је утицај различитих типова крошњи на ефикасност размене угљен-диоксида и азотних оксида између тла и атмосфере. Сви резултати су опсежно образложени текстуално и графички уз употребу статистичких алата за процену грешке симулација. У закључним разматрањима образложени су циљеве дисертације постављени у пријави и пружен увид у будуће истраживачке планове.

На крају треба нагласити и следеће. Истраживачи окупљени око Центра за метеорологију и моделирање животне средине (АЦИМСИ, Универзитет у Новом Саду) увек се труде да очувају чистоту језика, али повремено морају да прихвате улазак страних речи везан пре свега за рачунарску терминологију. У тексту дисертације се тако свуда користи израз „капловање“ уместо „спрезања“, пре свега зато што енглеска реч има и дубљи физички смисао од оног који „спрезање“ има у српском језику.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

M22 – Рад у међународном часопису

Firanj, A., Lalic, B., Podrascanin, Z. (2014) The impact of forest architecture parameterization on GPP simulations. *Theoretical and Applied Climatology*, doi: 10.1007/s00704-014-1251-7, IF(2013)1.742

M21 – Рад у истакнутом међународном часопису

Lalic, B., **Firanj, A., Mihailovic, D.T., Podrascanin, Z.** (2013) Parameterization of PAR vertical profile within horizontally uniform forest canopies for use in environmental modeling. *Journal of Geophysical Research*, 118(15), 8156–8165, doi:10.1002/jgrd.50626, IF(2013)3.440

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Анализа резултата дисертације намеће закључак да је моделирање биљног склопа центар сваког модела чији циљ је квалитетан опис процеса размене између тла и атмосфере. Било да је у питању размена угљен-диоксида, складиштење или депозиције азотних оксида, присуство вегетације на подлози, посебно шума, значајно мења интензитет и природу процеса. Према томе, сваки напредак у моделирању површинских процеса требао би да крене у правцу исправног, физички реалистичног описа вегетације. Промена начина описа биљног склопа у појединачним схемама, као и у каплованој схеми дала је јасан напредак у том правцу. За разлику од појединачних схема, нова каплована схема поседује могућност параметризације еко-физиолошких и хемијских процеса карактеристичних за шумске склопове. Софистикована параметризација густине вегетације уз узимање у обзир њене вертикалне хетерогености даје

могућност утврђивања структуре вегетације којом ће се постигла максимална ефикасност у уклањању полутаната или онемогућавању њихових вертикалних транспорта, уколико је тло извор.

Детаљан опис структуре биљног склопа омогућава описивање утицаја различитих агротехничких мера које мењају густину, висину, покривеност или неки структурални параметар, а које се могу описати појединим параметрима модела. Један од одговора може бити утицај на укупну нето размену или тренд укупне примарне продукције биљне масе.

Приказани резултати верификације MLC-LAPS схеме говоре у прилог капловања схема ради повећавања њихове способности и унапређивања параметризације различитих спрегнутих метеоролошких и еко-физиолошких величина. Спрегнутост процеса у схеми заправо имитира спрегнутост природних процеса и маханизме њиховог одигравања, па се капловањем прилази један корак ближе нумеричком опису природе.

На основу претходно наведеног може се закључити да су сви циљеви истраживања потврђени и остварени. Резултати научних истраживања у оквиру ове дисертације значајни су како са теоријског, тако и са моделарског и практичног становишта у мултидисциплинарној области моделирања и заштите животне средине.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Сви резултати у дисертацији описани су графички и текстуално, а када је то било могуће и аналитичким изразима. За процену квалитета резултата коришћени су стандардизовани кораци статистичке анализе квалитета симулација. Сви коришћени или креирани нумерички модули верификовани су поређењем са измереним вредностима на довољно дугим низовима података. Према томе, оцена приказа и тумачења резултата истраживања је позитивна.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана врло стриктно пратећи образложење наведено у пријави теме. Комплексност моделирања него размене азотних оксида навела је кандидата да уместо једноставног проширивања LAPS схеме, модулом за размену реактивних једињења, како стоји у пријави, укључи целу хемујску схему MLC-Chem. Хемијска схема поред тога што има могућност симулирања размене азотних оксида, пружа и могућност прорачуна размене осталих реактивних гасова чиме опис комплексног хемизма површинског слоја атмосфере доводи много ближе реалној ситуацији. Према томе, ова разлика је оправдана с обзиром да је кандидат урадио више, у оквиру теме, него што је првобитно најављено у пријави.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе, увод намењен изношењу свих теоријских основа, проблема и циљева рада, затим детаљан опис истраживања у области моделирања турбулентног флука угљен-диоксида и азотних оксида у руралној средини. Сваки део садржи кратки резиме и закључак, док се касније у закључку дисертације ово детаљно рекапитулира. Постоји веома опширна литература која је заиста коришћена у раду.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Моделирање физичких процеса, тј. израчунавање вредности метеоролошких елемената за потребе хемијских површинских шема унапређено је креирањем MLC-LAPS схеме. Ова схема је настала капловањем физичке површинске схеме LAPS и хемијске површинске схеме MLC-Chem. Иако сви спадају у гасове стаклене баште, угљен-диоксид и азотни оксиди су заслужили различит третман, приликом моделирања њиховог турбулентног транспорта, због чињенице да азотни оксиди спадају у реактивне гасове атмосферске оксиданте који утичу и на животни век осталих гасова стаклене баште, а угљен-диоксид - не.

Размена угљен-диоксида између тла и атмосфере, описана је кроз процесе: фотосинтезе, снабдевања листа гасовима, стоматерног транспорта и респирације гаса из земљишта. Процеси од значаја за описивање размене азотних оксида између тла и атмосфере који су обухваћени новом схемом су: сува депозиција, емисија, и сложени хемијски процеси површинског слоја атмосфере. Значајан допринос квалитетнијој параметризацији турбулентног транспорта ових гасова учињен је знатно софистикованијом параметризацијом скалирања процеса са малих размера листа на цео биљни склоп. Развијен је нови поступак за скалирање интензитета фотосинтезе који је укључио прорачун утицаја облика крошње, тј. вертикалне дистрибуције лисне масе на интензитет асимилације. Вертикална дистрибуције лисне масе, искоришћена у креирању новог поступка скалирања, употребљена је и за приказ промене турбулентног флука азотних оксида и утицај на брзину депозиције и фотодисоцијацију азот-диоксида. На крају је развијени поступак скалирања обезбедио информације о структури вегетације која постиже максималану ефикасност уклањања гасова.

Додајмо још и ово. Моделирање повратне спреге између атмосфере и вегетације (укључујући пре свега размену гасова стаклене баште) једна је од најслабијих "карика" климатских модела данас. Поред тога стручњаци који се баве атмосферском хемијом и симулацијом хемијских процеса и стручњаци који се баве атмосферском физиком и симулацијом физичких процеса у атмосфери увек у својим хемијским тј. физичким

површинским шемама сасвим поједностављено симулирају физичке тј. хемијске процесе. Овакав концепт је разумљив, али истовремено продукује значајне мањкавости поменутих модела. Да би се ове слабости умањиле са обе стране потребан је хемичар који је научио доста о атмосферској физици или физичар који је посветио много времена атмосферској хемији. Ана Фирањ је на основним и мастер студијама упознала хемију, а на докторским се потрудила да научи атмосферску физику. Зато је њен рад отклонио неке слабости и LAPS схеме и MLC-Chem схеме када се ради о њиховој употреби у **моделирању турбулентног транспорта угљен-диоксида и азотних оксида у површинском слоју атмосфере изнад руралне области** и зато ова дисертација представља оригинални научни допринос.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака унутар оквира постављених темом. Међутим, иако су сви модули верификовани на довољно дугачком низу података, недостатак мерења концентрације азотних оксида у различитим шумама онемогућио је тестирање капловане схеме на различите услове средине. Постојање мерења у различитим шумама одвели би кандидата од тестова осетљивости, који су коришћени за приказивање различитих услова средине, до симулација на реалним локалитетима.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација **Моделирање турбулентног транспорта угљен-диоксида и азотних оксида у површинском слоју атмосфере изнад руралне области** прихвати, а кандидату дипл. инж. мастеру **Ани Фирањ** одобри одбрана.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

проф. др Дарко Капор, редовни професор у пензији,
Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду,
председник

проф. др Драгутин Т. Михаиловић, редовни професор,
Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду,
члан

проф. др Ивана Максимовић, редовни професор,
Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду,
члан

проф. др Бранислава Лалић, ванредни професор,
Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду,
ментор, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.