

**НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Датум: 20.02.2016.**

**Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације  
Милке Домазет, дипл. инж. пољ.**

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број: 392/3-5.1. од 23.12.2015. године, именована је Комисија за оцену урађене докторске дисертације кандидата Милке Домазет, дипл. инж. пољ. под насловом „Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава”. На основу увида, прегледа и анализе докторске дисертације Комисија у саставу: др Невенка Ђуровић, ванредни професор Пољопривредног факултета у Београду, др Ружица Стричевић, редовни професор Пољопривредног факултета у Београду, др Еника Грегорић, ванредни професор Пољопривредног факултета у Београду, др Весна Почуча, доцент Пољопривредног факултета у Београду и др Радмила Пивић, научни саветник Института за земљиште у Београду, подноси следећи

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Докторска дисертација Милке Домазет, дипл. инж. пољ. под насловом “Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава” написана је на укупно 218 страница у оквиру којих се налази 17 табела, 93 графикона и 19 слика. Цитирано је 176 извора литературе. Докторска дисертација поред основног текста садржи насловну страну на српском и енглеском језику, податке о ментору и члановима Комисије, резиме на српском и енглеском језику и садржај.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља: Увод (1-4. стр.); Преглед литературе (5-23. стр.); Материјал и методе рада (24-36. стр.); Карактеристике подручја проучавања (37-103. стр.); Резултати и дискусија (104-184. стр.); Закључак (185-190. стр.); Литература (191-206. стр.); Прилози (207-218. стр.).

### **2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Кандидат Милка Домазет је у поглављу *Увод* указала да је одводњавање пољопривредног земљишта на територији јужног Баната добило већи значај у XX веку. Алувијална равна Дунава је одувек била изложена превлаживању под утицајем Дунава у периодима високих водостаја. Већ почетком прошлог века изграђени су први дренажни системи. Бране ХЕПС (Хидроенергетског и пловидбеног система) „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ у значајној мери су утицале на промену природних услова у приобаљу и повећање опасности од сувишних вода. У условима успора Дунав подвирним и процедурним водама утиче на повишење нивоа прве издани. Дренажним системима се елиминише штетан утицај успора, као и негативни утицај природних високих водостаја реке на хидролошке услове на пољопривредним земљиштима у приобаљу.

Упоредо са изградњом ХЕПС „Ђердап 1“ на Дунаву, после 1970. године, на заштитним приобалним површинама, извршена је реконструкција постојеће и изградња нове каналске мреже, уз изградњу нових црпних постројења и уз местимичну изградњу цевне дренаже, са циљем да се отклоне могући негативни утицаји успора Дунава на пољопривредно земљиште. Основни циљеви дисертације су били усмерени на предлог даљег побољшања одводњавања пољопривредних површина у приобаљу Дунава, на примеру огледног поља Ковин - Дубовац, и то кроз: процену стварних количина сувишних унутрашњих вода које се евакуишу у Дунав преко постојеће дренажне мреже, доношење закључака о ефикасности постојећег дренажног система и њиховог утицаја на пољопривредно земљиште и предвиђање нивоа подземних вода у циљу рационалног управљања подземним водама у пољопривреди. Наиме, поред већ постојећих ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ у плану је изградња и хидроцентрале „Ђердап 3“. На овај начин настају сложени хидролошки услови и међусобни утицаји ових хидроенергетских система, па од све већег значаја постаје могућност предвиђања нивоа подземних вода на пољопривредном земљишту у приобаљу, са циљем бољег и ефикаснијег управљања водама. Због тога је део ове дисертације посвећен моделирању нивоа подземних вода савременим статистичким моделима који имају велику примену у разним инжењерским дисциплинама.

У поглављу *Преглед литературе* цитиран је велики број истраживача у земљи и иностранству који су се бавили проучавањем одводњавања пољопривредног земљишта. *Преглед литературе* је представљен кроз следећа потпоглавља: *Истражни радови на подручју и примењене мере одводњавања; Вишкови воде и одбрана од сувишних унутрашњих и спољних вода; Моделирање подземних вода на пољопривредним земљиштима; Земљишта подручја.*

У првом потпоглављу кандидат даје осврт на мере одводњавања на подручју које се примењују од почетка XX века, као и на истражне радове којима се прати и пручава утицај успора Дунава који је настао као последица изградње бране на Ђердапу. Студијски радови и хидродинамички прорачуни режима подземних вода у приобаљу Дунава под утицајем успора ХЕПС „Ђердап 1“ омогућили су дефинисање природног режима подземних вода и прогнозу режима подземних вода на приобалним подручјима у условима пројектованог режима експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“. Пре изградње ХЕПС „Ђердап 1“ постојећим системима одводиле су се углавном површинске воде. Подземне воде су слободно деловале на земљиште јер плитко постављена каналска мрежа није могла да их прихвати. Систем је реконструисан (дограђен) 1972. године, од када се перманентно врши и праћење ефеката његовог рада.

У другом потпоглављу дат је осврт на вишкове воде и одбрану од сувишних унутрашњих и спољних вода. Наведено је да промене режима Дунава имају утицаја и на промене режима притока, као и на промене режима подземних вода. У природним условима, за време водостаја Дунава нижих од нивоа прве издани у приобаљу брањеног подручја, водоток је служио као дрен за подземне воде (и за подземне воде више терасе), а при високом нивоу Дунава пунио је прву издан. Алувијална равна у условима успора насталим изградњом ХЕПС „Ђердап 1“, стално је угрожена вишком воде. Основни чиниоци који условљавају појаву поплава од унутрашњих вода могу се сврстати у шест генетских група: геолошки, геоморфолошки, педолошки, климатски, хидролошки и антропогени.

У потпоглављу *Моделирање подземних вода на пољопривредним земљиштима* кандидат указује на значај предвиђања нивоа подземних вода за управљање подземним водама на пољопривредним подручјима. У литератури се могу наћи подаци о успешној примени физички заснованих нумеричких модела. Нумерички модели су на добро истраженим подручјима веома успешно средство у анализи подземних вода. Међутим,

њихов велики недостатак се огледа у томе што захтевају прецизну карактеризацију и квантификацију физичких својстава и међусобних зависности у систему који је од интереса за анализу, а ови подаци су веома често недоступни. Статистички модели немају ову врсту ограничења. Иако је физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у условима дренажа веома комплексна и нелинерног карактера, статистички модели је са успехом могу описивати, па стога имају широку примену у пракси одводњавања. Један од статистичких модела који има широку примену у науци и инжењерству су вештачке неуралне мреже (енг. *ANN*, скраћено од *Artificial Neural Networks*). Овакви системи су способни за прикупљање, меморисање и коришћење експертских знања. Други модел прикладан за моделирање у хидрологији и пољопривреди је *ANFIS* модел (*Adaptive Neuro-Fuzzi Inference System*). Крајем прошлог века у литератури су се појавили системи за фази резоновање на основу неуралних мрежа (*Neural Network-Driven Fuzzy Reasoning*). Основна идеја у оваквим структурама је да се коришћењем функција припадности срачуна задовољење предуслова за неку активност или одлуку, а да се након тога, та активност или одлука квантификује кроз излаз неуралне мреже.

У четвртом потпоглављу кандидат наводи резултате претходних истраживања земљишта подручја Ковин – Дубовац, и да је најзаступљенији тип земљишта ритска црница, на око 70% укупне површине. На подручју су хидроморфна земљишта заступљена на 96,7% територије (ритска црница, алувијална земљишта, еуглеј, ливадска црница и тресет).

У поглављу *Материјал и методе рада* наведено је да је огледно поље (локалитет Ковин - Дубовац) површине 9241 ha. Простире се на левој обали Дунава и то на 1150 - 1175 km. За графичке приказе карактеристика терена и дренажних система (рељеф терена, надморска висина, експозиција терена, сливна подручја, нагиб терена, педолошка карта, карте каналске мреже итд.), коришћен је географски информациони систем (ГИС). За израду ових карата коришћен је дигитални модел терена (ДЕМ) са хоризонталном просторном резолуцијом од 30 m.

Климатски услови на подручју представљени су кроз приказ основних климатских елемената. Падавине, као најважнији климатски елемент са становишта утицаја на количину вишка воде на пољопривредном земљишту су обрађене: на годишњем нивоу, на нивоу хидролошке године, на нивоу суме падавина три узастопне хидролошке године, на сезонском нивоу и на месечном нивоу. Вероватноћа појаве екстремних падавина и њихових повратних периода одређивана је преко дистрибуција Лог – Пирсон III, (*Log - Pearson III*) и Гамбел (*Gumbell*). За оцену боље прилагођености теоријских функција и емпиријских вредности коришћени су тестови сагласности Колмогоров - Смирнов и Хи-квадрат тест ( $\chi^2$ ). Референтна евапотранспирација одређена је методом *Penman-Monteith*. Подаци о подземним водама су анализирани на основу мерења на пијезометрима на подручју у периоду од 1985 до 2010. г. Подаци о водостају и протицају реке Дунав анализирани су на годишњем и месечном нивоу. Подаци о једнодневном водостају су послужили за добијање криве трајања и криве учесталости водостаја.

Зависност дубина подземне воде и параметара рада црпних станица проучена је статистичком обрадом података применом корелационе и регресионе анализе.

За предвиђање нивоа подземних вода у овом раду, коришћене су две „*soft computing*“ технике: прва од њих су вештачке неуралне мреже (*ANN*) а друга је техника заснована на симбиози коју чини структура фази експертског система и техника обучавања која се примењује код вештачких неуралних мрежа, у литератури означавана као *ANFIS*. Ниво подземних вода је предвиђан за 1 месец унапред, на појединачним бушотинама које се налазе на различитом растојању од воденог тока.

У структури *ANN* мреже примењен је један скривени слој. Излазни слој има само једну варијаблу – дубину подземне воде на посматраној бушотини као месечну вредност. Улазне варијабле одређене су корелационом и регресионом анализом. Активационе функције за скривени и излазни слој као и број чворова у скривеном слоју, одређени су емпиријски. Други статистички модел који је у раду примењен је *ANFIS* модел. Као статистички показатељи рада модела коришћени су: корен средње квадратне грешке (*RMSE*), коефицијент детерминације (*R*) и *Nash–Sutcliffe* коефицијент ефикасности модела (*COE*).

Поглавље **Карактеристике подручја проучавања** садржи 8 потпоглавља: *Локација и величина подручја; Демографске карактеристике подручја; Геолошке и хидрогеолошке карактеристике подручја; Земљишта; Анализа климатско-метеоролошких података; Пољопривредна производња; Хидроенергетски и пловидбени систем „Ђердап”*; *Одводњавање подручја*.

Подручје истраживања је површине 9241 ha и граничи се са Дунавом у дужини од 25 km. Северну и североисточну границу чине лесна тераса и Делиблатска пешчара. Демографски подаци показују да се 18,3 % становништва бави пољопривредом, што упућује на закључак да је обезбеђење услова за интензивну пољопривредну производњу веома важно за становништво овог подручја. Хидрогеолошке карактеристике подручја одликују добри водоносници: полициклични - еоплеистоценски песак и шљунак и алувијални песак и шљунак. Прва издан се напаја инфилтрацијом вода Дунава, падавинама и дотоком из залеђа алувијалне равни. У постојећим хидрогеолошким условима главно кретање воде одвија се кроз доњи водоносни слој, преносећи поједине утицаје на режим подземних вода дуж подручја. Алувијална равна у условима успора насталим изградњом ХЕПС „Ђердап 1“, стално је угрожена вишком воде.

На подручју су заступљена хидроморфна земљишта на 96,7% територије и у мањој мери аутоморфна земљишта (на око 3,3% територије). Земљишта која припадају првој дренажној класи (природно врло слабо дренирана земљишта, високог степена угрожености од сувишних вода) заузимају површину од 5351 ha или 57,91% од целокупне површине подручја, док земљишта друге дренажне класе (природно слабо дренирана земљишта, средњег степена угрожености од сувишних вода) заузимају 3678 ha или 39,80% од целокупне површине подручја.

У потпоглављу *Анализа климатско-метеоролошких података* кандидат наводи да је клима подручја умерено-континентална. Статистичка анализа падавина је показала да за повратни период јављања 5 година екстремне падавине варирају у релативно малом распону од 38 mm до 62 mm за једнодневне, дводневне, тродневне и петодневне максималне падавине. Ове вредности, с обзиром на густу каналску мрежу реално не представљају сталну опасност за појаву вишкова воде на подручју, под условом да не коинцидирају са другим екстремним климатским и хидролошким појавама.

Просечни приноси најважнијих ратарских и повртарских култура које се гаје на подручју су већи од просечних приноса у Србији. С друге стране, ако се пореде просечни приноси најважнијих култура са приносима у Јужнобанатском региону, они су нешто мањи (за 1-10%). Изузетак је кукуруз код кога је просечни принос на подручју већи за 1-7%.

Режими експлоатације ХЕПС „Ђердап 1“ дефинисани су котама нивоа за карактеристичне протоке на контролним профилима код ушћа Нере на Дунаву и на брани. Укупна површина терена на којој је присутан утицај успора ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ износи 181000 ha, од чега је 148000 ha на територији Војводине.

Реконструисан (дограђен) систем је почео да ради 1972. године, од када се перманентно врши и праћење ефеката његовог рада. Систем за одводњавање чини

отворена примарна (главна) каналска мрежа укупне дужине 51,29 km и секундарна каналска мрежа укупне дужине 187,93 km, четири црпне станице укупног капацитета  $Q=10,34 \text{ m}^3/\text{s}$ , хоризонтална цевна дренажа на површини од 433 ha, 294 самоизливна дренажна бунара и пијезометри за праћење кретања нивоа подземне воде. Поред дренажног система, заштиту од спољашних вода представља насип дужине 22,91 km.

Дренажни канали распоређени су генерално у три линије: прва је линија канала уз насип за заштиту подручја од дотицаја из правца Дунава, друга је линија канала за регулацију нивоа подземних вода унутар подручја, трећа је линија канала за заштиту подручја од дотицаја из залеђа подручја. Густина каналске мреже посматраног подручја је 25,89 m/ha. Одржавање каналске мреже на подручју се током периода експлоатације система изводило различитим методама (механичком, хемијском и биолошком). Одржавање секундарне каналске мреже је недовољно и на појединим местима условљава смањење ефикасности рада дренажног система.

У поглављу *Резултати и дискусија* дат је јасан приказ резултата до којих је кандидат дошао током истраживања, документован табелама и графиконима.

Алувијална равна Дунава је пре изградње бране била изложена превлаживању под утицајем Дунава у периодима високих водостаја. Утицај изграђених брана се првенствено одразио на промену режима површинских и подземних вода.

Изградња бране утицала је на повећање просечног водостаја Дунава. Просечни водостај до 1972. године је износио 68,32 m, док је просечни водостај од изградње хидроелектране 70,01 m, са тенденцијом пораста у условима различитих режима рада ХЕПС „Ђердап 1“. У периоду 1972-1977. године средњи водостај је износио 68,84 m, у периоду од 1977-1985. године износио је 69,83 m, а од 1985. износи 70,22 m.

Постоји велика разлика у осцилацијама водостаја за периоде пре и после изградње бране, као и продужење трајање великих водостаја: трајање водостаја већих од 70 mm у периоду након изградње је 45% времена, док се у периоду пре изградње вредности водостаја веће од 70 mm биле учаване само у 15% времена. Водостаји од 69 mm и виши, пре изградње ХЕПС „Ђердап 1“, трајали су 32% од интервала времена осматрања а после изградње 92%. После изградње бране, вредност модула водостаја померена је са 67,5 mm на 70,3 mm, учесталост појављивања модула повећана са 23% на 44%. Трајно високи нивои Дунава, преко повећања хидростатичког притиска неизбежно утичу на подизање нивоа подземних вода у приобаљу а самим тим испољавају утицај и на услове пољопривредне производње на том подручју.

Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта анализиран је кроз утицај дренажа на ниво подземних вода у зони ризосфере. Системи за одводњавање пољопривредних земљишта у приобаљу су пројектовани да задовоље критеријум одржавања нивоа подземних вода у свим хидролошким условима, на дубинама 0,8-1,2 m. На основу података мерења на пијезометрима може се закључити да дренажни систем генерално са успехом остварује своју функцију. Од 43 пијезометара који равномерно покривају подручје у периоду 1985-2010. г. на само 4 је трајање високог нивоа подземних вода (дубина мања од 1 m) дуже од 75% времена, а ово се односи на пијезометре између насипа и прве дренажне линије. На 8 пијезометара је забележено да се висок ниво подземних вода јавља у 20-40% времена, док се код половине пијезометара висок ниво подземне воде појављује у мање од 1% мерења, или никада. Овај податак говори о томе да се подручје Ковин - Дубовац дренажним системима на највећем делу површине са успехом брани од сувишних вода. На том делу подручја пољопривредно земљиште није било угрожено високим подземним водама током дужег низа година. Висок ниво подземних вода регистрован је на делу подручја близу водотока, док су на површинама у другој и трећој дренажној линији пројектовани

дренажни критеријуми задовољени, и поред недовољног одржавања дренажних система.

У периоду неповољне хидролошке ситуације и појаве екстремних водостаја на Дунаву који су се јавили током 2006. године, која је узета као пример године са појавом екстремно великих вишкова воде, пољопривредно земљиште је сувишним водама изложено на једном делу површине. Од 43 пијезометара на 6 пијезометара висок ниво подземне воде је регистрован непрекидно, на 6 пијезометара од 50% до 90% времена, док је на 21 пијезометру процентуално учешће мерења са високим нивоом подземних вода мање од 10%. На чак 18 пијезометара уопште нису забележене подземне воде плиће од 1 m од површине терена. На том делу подручја региструје се повољан режим подземних вода (дубине од површине терена су углавном веће од 0,8-1 m). Високим нивоима подземних вода су угрожене ниже површине између насипа и прве дренажне линије, најчешће у појасу непосредно иза насипа.

Анализа рада црпних станица показује да су оне ангажоване током целе године, а да су радни максимуми често превазиђени (26,1%- 41,9% укупног периода мерења, а код ЦС Врба пре ремонта чак 90,4% времена). Код свих црпних станица удео радних часова у вегетационом и ванвегетационом периоду је приближно уједначен (52%-57% у ванвегетационом, 43-48% рада у вегетационом периоду). Без њиховог рада, подручје би трајно било изложено превлаживању а пољопривредна производња немогућа или отежана.

Упркос континуираном функционисању дренажних система, и даље се повремено на мањем делу подручја јавља превлаживање земљишта сувишним водама. Највећи вишкови воде се јављају упоредо са највећим водостајима реке Дунав, који и утичу на издизање нивоа подземних вода на истраживаном подручју. Поред природних фактора (близине водотока) узрок лошег стања у овој зони је запуштеност секундарне каналске мреже због неодговарајућег одржавања. Реално стање је да у овом тренутку системи за одводњавање при екстремним хидролошким појавама поплава од унутрашњих вода не могу да пруже потребан ниво заштите на целом мелиорационом подручју.

У управљању подземним водама на пољопривредним подручјима са изграђеним дренажним системима у долинама речних токова, велики значај има предвиђање нивоа подземних вода. На подручјима која су под утицајем успора Дунава владају сложени хидролошки услови. Физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у оваквим условима је веома комплексна и нелинеарног карактера. У том циљу, моделирање нивоа подземних вода изведено је са две *soft computing* технике. Прва од њих јесу вештачке неуралне мреже (*ANN*), које су обучене *Levenberg-Marquardt* методом пропагације грешке уназад, док је друга техника *ANFIS*. У циљу формирања и обуке *ANFIS* система коришћене су функције припадности Гаусовског типа као и хибридна метода обуке система која подразумева комбинацију између методе пропагације грешке уназад и методе најмањих квадрата. Ниво подземне воде је предвиђен за 1 месец унапред.

Свака дренажна линија описана је одговарајућим пијезометром на различитој удаљености од водотока (350 m, 4080 m и 4850 m). Корелациона анализа показала је да не постоји значајна зависност између падавина, климатских параметара (температуре ваздуха) и нивоа воде у посматраним пијезометрима ( $R^2$  варира у интервалу 0,0064-0,0379). Као улазне варијабле у модел изабрани су водостај Дунава, ниво воде у главном каналу и дубина воде на околним пијезометрима (кофицијент корелације између посматраног сигнала и поменутих величина се налазио у интервалу од 0,287 до 0,623). Применом регресионе анализе утврђено је да кашњење није имало утицаја на

процес, а као ред модела утврђен је трећи ред за случај моделирања зависности нивоа воде на посматраном пијезометру и околним пијезометрима.

Статистички показатељи који су коришћени за евалуацију модела (корен средње квадратне грешке, *RMSE*; коефицијент детерминације, *R*; и *Nash–Sutcliffe* коефицијент ефикасности модела, *COE*) показали су да се оба модела са високом прецизнишћу могу користити за моделирање нива подземних вода на целокупном дренажном подручју - без значајног утицаја растојања бушотине од корита реке. Прецизност модела изражена кроз вредности *RMSE* приближно је иста у сва три случаја удаљености од водотока (0,15248, 0,14154 и 0,15029 репективно) код *ANN*, односно 0,15097, 0,14756 и 0,15239 репективно код *ANFIS* модела. Сличан закључак може да се донесе ако се пореде параметри *R* и *COE*. Коефицијент *R* код *ANN* варира од 0,92363 до 0,9615, а код *ANFIS* модела 0,91973 до 0,9623. *Nash–Sutcliffe* коефицијент ефикасности модела варира 0,8510 - 0,9244 за *ANN*, односно 0,84588 - 0,92586 код *ANFIS* модела.

Нумеричка сложеност два различита приступа у моделирању је приближна, из чега прозилази да су статистички параметри поредиви. Нумеричке вредности статистичких показатеља говоре о томе да су и *ANN* и *ANFIS* готово једнако успешни у моделирању физичког процеса дубина подземних вода. Разлике у евалуационим критеријумима су занемарљиво мале (на нивоу промила).

*ANN* и *ANFIS* модели представљају врло захвалне алате за моделирање хидролошких процеса у пољопривреди, сличних рачунарских и меморијских могућности. Међутим, и даље од пресудног значаја остаје експертско знање корисника тих алата који у току пројектовања дефинише скуп улазних параметара и обучавајући скуп. Са добро изабраним физичким променљивима које заиста одражавају узрочно-последичне везе у физичким процесима (зависност подземних вода од водостаја реке) потпуно равноправно и *ANN* и *ANFIS* представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела.

У поглављу **Закључак** наведено је да је алувијална равна Дунава одувек била изложена превлаживању под утицајем Дунава у периодима високих водостаја. Бране ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ у значајној мери су утицале на промену природних услова у приобаљу и увећале опасност од вишкова воде на пољопривредном земљишту. Поред већ постојећих, у плану је изградња и хидроцентрале „Ђердап 3“. Због међусобног утицаја ових хидроенергетских система, хидролошки услови на подручјима која су под утицајем успора Дунава, постаће још сложенији.

Утицај мера одводњавања на пољопривредна земљишта анализиран је на подручју Ковин – Дубовац, површине 9241 ha, на територији јужног Баната. Узимајући у обзир све релевантне особине изабраног подручја, оно се може сматрати репрезентативним, а сви изведени закључци се могу сматрати применљивим и важећим и за шире приобално подручје Дунава у јужном Банату.

На подручју су доминантно заступљена хидроморфна земљишта на 96,7% од којих највише има ритске црнице (72,09% укупне површине подручја).

Од изградње бране на Ђердапу хидролошко-хидраулички услови приобаља су се знатно променили. Дошло је до трајног повећања средњих водостаја (за 1,69 m) и значајно мањих осцилација у водостајима реке Дунав. Такође, регистровано је продужење трајање великих водостаја. После изградње бране, вредност модуса водостаја померена је са 67,5 mm на 70,3 mm, учесталост појављивања модуса повећана са 23% на 44%. Трајно високи нивои Дунава, преко повећања хидростатичког притиска неизбежно утичу на подизање нивоа подземних вода у приобаљу а самим тим испољавају утицај и на услове пољопривредне производње на том подручју.

Системи за одводњавање пољопривредних земљишта у приобаљу су пројектовани да задовоље критеријум одржавања нивоа подземних вода у свим

хидролошким условима на дубинама 0,8-1,2 m. Дренажни систем генерално са успехом остварује своју функцију. Током периода 1985-2010. г. на само 10% површине подручја регистровано је дуже трајање високог нивоа подземних вода. На половини подручја висок ниво подземне воде појављује се у мање од 1% мерења, или никада. У условима екстремно великих вишкова воде, пољопривредно земљиште је сувишним водама изложено на једном делу површине. На 15% површине висок ниво подземне воде је регистрован непрекидно, док на половини терена висок ниво подземних вода није регистрован. Анализа рада црпних станица показује да су оне ангазоване током целе године, а да су радни максимуми често превазиђени.

Упркос континуираном функционисању дренажних система, и даље се повремено на мањем делу подручја јавља превлаживање земљишта сувишним водама. Поред природних фактора (близине водотока) узрок лошег стања у овој зони је запуштеност секундарне каналске мреже због неодговарајућег одржавања.

Просечни приноси најважнијих пољопривредних култура су већи него просечни приноси у Србији, а нешто мањи него просечни приноси у Јужнобанатском региону (до 10%), с узетком кукуруза код кога је просечни принос на подручју већи за 1-7%.

Физичка зависност између климатских и хидролошких величина које се јављају у оваквим условима је веома комплексна и нелинеарног карактера. За моделирање нивоа подземних вода коришћене су два статистичка модела: вештачке неуралне мреже (*ANN*, *Artificial Neural Networks*) и *ANFIS* (*Adaptive Neuro-Fuzzi Inference System*). Статистички показатељи који су коришћени за евалуацију модела (корен средње квадратне грешке, *RMSE*, коефицијент детерминације *R*, и *Nash-Sutcliffe* коефицијент ефикасности модела *COE*) показали су да се оба модела са високом прецизнишћу могу користити за моделирање нива подземних вода на целокупном дренираном подручју - без значајног утицаја растојања бушотине од корита реке. Прецизност модела изражена кроз вредности *RMSE* приближно је иста у сва три случаја удаљености од водотока (0,15248, 0,14154 и 0,15029 респективно) код *ANN*, односно 0,15097, 0,14756 и 0,15239 респективно код *ANFIS* модела. Сличан закључак важи и ако се пореде параметри *R* и *COE*. Коефицијент *R* код *ANN* варира од 0,92363 до 0,9615, а код *ANFIS* модела 0,91973 до 0,9623. *Nash-Sutcliffe* коефицијент ефикасности модела варира 0,8510 - 0,9244 за *ANN*, односно 0,84588 - 0,92586 код *ANFIS* модела.

*ANN* и *ANFIS* модели представљају врло захвалне алате за моделирање хидролошких процеса у пољопривреди, сличних рачунарских и меморијских могућности. Разлике у евалуационим критеријумима су занемарљиво мале (на нивоу промила). Међутим, и даље од пресудног значаја остаје експертско знање корисника тих алата који у току пројектовања дефинише скуп улазних параметара и обучавајући скуп. Са добро изабраним физичким променљивима које заиста одражавају узрочно-последичне везе у физичким процесима (зависност подземних вода од водостаја реке) потпуно равноправно и *ANN* и *ANFIS* представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела.

У поглављу *Литература* цитирано је 176 литературних извора, како домаћих тако и иностраних. Цитиране референце су адекватне и одговарају проучаваној проблематици.

У поглављу *Прилози* приказана је карта подручја и 3 табеле са подацима о дренажним системима и временским серијама мерења хидролошких параметара које због обима нису наведене у основном тексту рада, као и прилози: Биографија кандидата, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјава о коришћењу.



### 3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кандидат Милка Домазет је по мишљењу чланова Комисије остварила све циљеве докторске дисертације у складу са одобреном пријавом. Њена дисертација под насловом: „Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава” представља оригиналан истраживачки рад од великог научног и практичног значаја.

Методе коришћене у овој дисертацији су омогућиле кандидату да адекватно и целовито провери постављену хипотезу и тиме оствари задати циљ. Рад је написан концизно и јасно, резултати су објективно приказани, објашњени и продискутовани. Тумачења резултата су научно заснована и правилно поређена са резултатима других аутора из ове области.

Тема и садржај ове дисертације су актуелни и значајни како са научног, тако и са практичног становишта, имајући у виду велике површине пољопривредног земљишта која се налазе у речним долинама, чији је водни режим под утицајем водотока. Овом докторском дисертацијом су на систематски начин анализирани подаци о утицају примењених мера одводњавања на пољопривредна земљишта која су у зони успора Дунава формираним због изградње бране на Ђердапу почетком седамдесетих година двадесетог века. Узимајући у обзир све релевантне особине изабраног подручја, оно се може сматрати репрезентативним, а сви изведени закључци применљивим и важећим за пољопривредна земљишта у речним сливовима са сличним природним условима.

Допринос ове дисертације се огледа у детаљном сагледавању улоге природних и антропогених фактора на појаву вишкова воде на пољопривредном земљишту. Даље, у спознавању утицаја дренажних мера на пољопривредна земљишта кроз процену стварних количина сувишних унутрашњих вода које се евакуишу у Дунав преко постојеће дренажне мреже, анализу рада постојећег дренажног система, доношењу закључака о његовој ефикасности, као и утицају примењених мера на пољопривредну производњу.

Важан допринос дисертације је спроведено истраживање у циљу предвиђања нивоа подземних вода. Извршен је детаљни преглед постојећих модела развијених за потребе моделирања и анализе појава како у форми физичких, тако и у форми експерименталних структура, узимајући у обзир њихову применљивост, ограничења и предности у односу на остале.

Као посебан допринос ове тезе може се сматрати и истраживање спроведено у циљу испитивања применљивости вештачких неуралних мрежа и *ANFIS* модела за моделирање дубина подземних вода на пољопривредним земљиштима. Посебан акценат је стављен на анализу и проналажење одговарајућих структура, архитектура неуралних мрежа, динамике која се имплицитно уграђује у такву архитектуру као и поступак обуке ових алата из домена „*soft computing*“-а. Као посебан допринос се може навести и јасно дефинисан поступак евалуације наведених алата у циљу њиховог непристрасног поређења, који је узео у обзир нормирану сложеност структуре, број параметара који се подешава као и јасно дефинисан критеријум евалуације. Показано је да вештачке неуралне мреже и *ANFIS* представљају изузетно добар нумерички оквир за генерисање квалитетних модела.

Осим научног, ова истраживања имају и практичан значај. Поред већ постојећих ХЕПС „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“ које имају значајан утицај на пољопривредна земљишта у Подунављу у зони успора, у плану је изградња и хидроцентралне „Ђердап 3“ која ће хидролошке услове на датом подручју учинити још сложенијим. Стога приказани резултати истраживања могу допринети бољем разумевању рада дренажних система и њиховог утицаја на пољопривредно земљиште, са циљем бољег и ефикаснијег управљања водама у пољопривреди, а могу се применити и при доношењу

одлука о стратешком развоју хидромелиорационих система са коначним циљем одрживог развоја и рационалног коришћења пољопривредног земљишта у нашој земљи.

Имајући у виду напред наведено, Комисија сматра да су се стекли услови за јавну одбрану и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји извештај о позитивној оцени докторске дисертације под насловом „**Утицај одводњавања на пољопривредна земљишта у приобаљу Дунава**” и одобри Милки Домазет, дипл. инж. пољ. да је јавно брани.

### Чланови Комисије

---

Др Невенка Ђуровић, ванредни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
(УНО Мелиорације земљишта)

---

Др Ружица Стричевић, редовни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
(УНО Мелиорације земљишта)

---

Др Еника Грегорић, ванредни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
(УНО Мелиорације земљишта)

---

Др Весна Почуча, доцент  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду  
(УНО Мелиорације земљишта)

---

Др Радмила Пивић, научни саветник  
Институт за земљиште, Београд  
(УНО Мелиорације земљишта)

### Прилог: Рад који је објављен у часопису са SCI листе

Djurovic, N., Domazet, M., Stricevic, R., Pocuca, V., Spalevic, V., Pivic, R., Gregoric, E., Domazet, U. (2015): Comparison of Groundwater Level Models Based on Artificial Neural Networks and ANFIS. The Scientific World Journal Volume 2015 (2015), Article ID 742138, 13 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/742138>

Djurovic, N., Cosic, M., Stricevic, R., Savic, S., Domazet, M. (2016): Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. Scientia Horticulturae Volume 201, 30 March 2016, Pages 271–278 doi:10.1016/j.scienta.2016.02.017