

**РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ХИДРОГЕОЛОГИЈУ**

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ	
12301 Београд, Београдски београдски	
Датум:	09.12.2013.
Ср:	
	1/351

На 12/13 седници Департамана за хидрогеологију одржаној дана 05.12.2013. године једногласно је донета

**О Д Л У К А**

да се предложи Већу Геолошког одсека да усвоји извештај комисије за оцену и одбрану теме докторске дисертације кандидата **мр Бојана Хајдина**, дипл. инж. геологије, под називом

**УПРАВЉАЊЕ РЕСУРСИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА СЕВЕРНЕ БАЧКЕ**

Комисија је у следећем саставу:

*др Зоран Стевановић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета*  
*др Душан Поломчић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета*  
*др Милојко Лазич, ред. проф. Рударско-геолошког факултета*  
*др Драган Повреновић, доц. Технолошко-металуршког факултета*

*Шеф Департамана за хидрогеологију*



*проф. др Душан Поломчић*

Универзитет у Београду  
 Београд, Бушине 7

ПРИМЉЕНО: 25.12.2013			
Орг. јед.	Број	Прилог	Знаменст.
	1/348		

*Izveštaj o pregledu doktorske disertacije Bojana Hajdina*

*Београд, 2013*

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU  
 RUDARSKO-GEOLOŠKOG FAKULTETA  
 UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Odlukom Nastavno-naučnog veća RGF od 27.11.2013. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata **Bojana B. Hajdina**, magistra i dipl. inženjera geologije, sa odobrenom temom pod nazivom "**Upravljanje resursima podzemnih voda severne Bačke**".

Na osnovu pregleda doktorske disertacije Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta sledeći

**IZVEŠTAJ**  
 o urađenoj doktorskoj disertaciji

**1. UVOD**

Doktorska disertacija kandidata Magistra **Bojana Hajdina**, dipl. inženjera geologije, pod nazivom "**Upravljanje resursima podzemnih voda severne Bačke**" napisana je na 306 stranica teksta formata A4, u okviru kojih je prikazano 76 slika i dijagrama, kao i 40 tabela. Spisak literature sadrži ukupno 85 korišćenih bibliografskih jedinica. Disertacija u apendiksu sadrži i 6 grafičkih priloga – geološku kartu sa profilima, hidrogeološku kartu sa profilima, kartu rasporeda osmatračkih objekata za predloženi budući monitoring objekata podzemnih na području severne Bačke i grafičke prikaze karakteristika gradskih izvorišta na području severne Bačke. Disertacija je podeljena u 5 poglavlja. Priložen je i abstrakt rada na srpskom i engleskom jeziku kao i biografija autora.

*Hronologija odobravanja teme disertacije:*

Kandidat je podneo zahtev za izradu disertacije u školskoj 2008/09. godini u skladu sa programom koji su studenti poslediplomskih studija na Departmanu za hidrogeologiju pohađali u ranijem periodu i koji je prethodio programu usklađenom sa "bolonjskim" principima i izmenama Zakona o visokom školstvu. Odlukom Nastavno-naučnog veća RGF određena je Komisija za ocenu podobnosti teme i kandidata u čijem su sastavu bili isti članovi kao i za izradu ovog izveštaja. Pozitivan izveštaj komisije usvojen je na sednicama NNV RGF, a zatim i od strane Veća tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu (br 612-25/34/09 od 13.03.2009. godine). Za mentora je određen Dr Zoran Stevanović, red. prof.

Kandidat je rad na izradi teze okončao oktobra, 2013. godine i NNV RGF je na svojoj sednici održanoj 27.11.2013, imenovalo Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije koju čine potpisnici ovog Izveštaja.

*Mesto disertacije u sistemu naučnih oblasti:*

Disertacija po svom sadržaju pripada tehničkim naukama i naučnoj oblasti Geološko inženjerstvo. Uža tematska oblast je hidrogeologija (vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda), a specijalni deo disertacije razmatra problematiku aktuelne eksploatacije podzemnih voda,



zatim analizu stanja i predloge rešenja budućeg racionalnog zahvatanja i iskorišćavanja podzemnih voda.

### *Biografski podaci o kandidatu:*

**Bojan B. Hajdin** rođen je 24.08.1959. godine u Beogradu. Završio je XI gimnaziju u Beogradu, a 1987. godine diplomirao je na Rudarsko-geološkom fakultetu (RGF), Smeru za hidrogeologiju. Dobitnik je nagrade Fonda "Miloš i Nikola Pavlović" za najbolji diplomski rad iz oblasti hidrogeologije za 1987. godinu.

Od 1988. godine zaposlen je na Rudarsko-geološkom fakultetu, Smeru za hidrogeologiju u zvanju stručnog saradnika u nastavi. Od zaposlenja bavi se naučno-istraživačkim radom u okviru Laboratorije za metodiku hidrogeoloških istraživanja i učestvuje u realizaciji niza naučno-istraživačkih i stručnih projekata.

Od 1994. godine aktivno učestvuje u pripremi nastave i održavanju vežbi iz predmeta *Uvod u naučno-istraživački rad*, koji se po usvajanju "bolonjskog" programa studiranja i akreditacije RGF u 2008. god. održava pod nazivom *Metodologija naučnog rada* na master studijama Departmana za hidrogeologiju RGF.

Magistrirao je 1996. godine odbranom magistarskog rad pod nazivom "Hidrogeološke odlike sliva Jasenice i Kubršnice sa aspekta iskorišćavanja za vodosnabdevanje". Iste godine stekao je zvanje istraživač-saradnik.

Od 2002. godine učestvuje u formiranju Računarskog centra Departmana za hidrogeologiju, i modernizaciji nastave primenom računara. U zvanju sistem-administratora, od 2004. godine upravlja Centrom, vrši obuku studenata za korišćenje računara i specijalističkih programa iz oblasti hidrogeologije. Uvođenjem predmeta *Računarstvo u hidrogeologiji*, od 2004. godine učestvuje u izvođenju nastave i vežbi iz ovog predmeta.

Član je Srpskog geološkog društva, a u periodu 1987-1994. godine bio je sekretar Sekcije za hidrogeologiju. Za rad u društvu nagrađen je Poveljom Srpskog geološkog društva.

U novembru 2008. godine prijavio je doktorsku disertaciju iz oblasti Hidrogeologije na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu. Tema disertacije proistekla je iz iskustava stečenih tokom učešća na međunarodnom projektu "Sustainable development of Hungarian-Serbian transboundary aquifer - Održivi razvoj međugranične izdani Mađarske i Srbije" (SUDEHSTRA) realizovanom u periodu 2007-2008. godine i finansiranog sredstvima EU.

U okviru svoje naučno-istraživačke delatnosti bio je učesnik sledećih naučnih projekata koji su bili podržani od strane ministarstava nauke, tehnologije ili životne sredine:

- "Vodni i mineralni resursi Srbije (Republičko ministarstvo nauke, 1990.-1995.);
- "Hidrogeološka istraživanja litosfere Srbije" (Republičko ministarstvo nauke i tehnologije, 1996.-1999.);
- "Istraživanje, ocena održivosti i integralnog korišćenja hidrogeoloških resursa: ekološki, ekonomski i energetski značaj za održivi razvoj Srbije" (Republičko ministarstvo za nauku, 2001.-2005.);

- Strateški projekat "Istraživanje, optimalno korišćenje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima Srbije" (Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, realizacija u toku), 2007-2012;
- Projekat tehnološkog razvoja, TR37005 – „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (Ministarstvo prosvete i nauke, realizacija u toku).

Učestvovao je i u izradi većeg broja studija i projekata koje je realizovao Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju. Od važnijih projekata treba pomenuti sledeće:

- Hidrogeološka istraživanja za izradu Osnovne hidrogeološke karte Srbije 1:100.000, list "Boljevac";
- Projekat realizacije hidrogeoloških istraživanja za potrebe izrade Regionalnog vodosistema "Bogovina";
- Hidrogeološka studija perspektivnog vodosnabdevanja Smederevske Palanke;
- Hidrogeološka studija zaštite izvorišta za vodosnabdevanje Smederevske Palanke;
- Hidrogeološka studija zaštite izvorišta mineralnih voda "Palanačkog Kiseljaka";
- Regulacija karstne izdani u zoni izvorišta "Nemanja" za vodosnabdevanje Čuprije;
- Proširenje kapaciteta izvorišta "Strelište" za vodosnabdevanje Čuprije;
- Hidrogeološka istraživanja za potrebe obezbeđenje dopunskih količina podzemnih voda za vodosnabdevanje Svrljiga;
- Projekat hidrogeoloških istraživanja za utvrđivanje rezervi podzemnih voda izvorišta "Vić bare" u Zabrežju za vodosnabdevanja Obrenovca;
- Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta "Vić bare" u Zabrežju za vodosnabdevanje Obrenovca.
- Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta "Vić bare" i FV "Zabrežje" (postrojenje za preradu vode);

Pored ovoga kandidat je autor je više baza podataka različitih namena koje su korišćene u naučno-istraživačkim projektima.

Mr Bojan Hajdin već je afirmisan istraživač sa 31 objavljenim naučnim i stručnim radom u naučnim časopisima, monografijama ili posebnim izdanjima. Od toga su dva rada u časopisima sa SCI liste, objavljeni su u periodu od prijave doktorske disertacije 2008 god. Treći rad u časopisu sa SCI liste je prihvaćen i štampanje je u toku.

## 2. OPIS DOKTORSKE DISERTACIJE

Disertacija je podeljena u pet poglavlja. Prvo poglavlje predstavlja opšti deo, dok se u narednim obrađuje konkretna hidrogeološka problematika područja severne Bačke, daje prikaz rezultata i predlog rešenja.

Prvo, uvodno poglavlje opisuje opšte fizičko-geografske, geološke i hidrogeološke karakteristike istraživanog područja. Analiziraju se opšti faktori od značaja za problematiku koja je proučavana. Tako se pored prirodnih karakteristika daje i pregled privrednih i društvenih karakteristika oblasti. Kandidat u ovom poglavlju navodi i razloge koji su ga opredelili za izbor naučne oblasti istraživanja i područja koje je predmet proučavanja.



U drugom poglavlju dat je pregled stanja u pogledu iskorišćavanja resursa podzemnih voda. Hronološki je prikazan razvoj vodosnabdevanja od najranijeg perioda nastanjivanja na ovom prostoru do danas, a zatim predstavljena strategija vodosnabdevanja na ovom području u najznačajnijim državnim planskim dokumentima i izvršena ocena realnosti prognoziranih rešenja. U ovom poglavlju, na osnovu prikupljenih podataka o zahvatanju i iskorišćavanju podzemnih voda različitih kategorija potrošača, procenjene su količine podzemnih voda koje se za različite namene koriste u severnoj Bačkoj. Ocena se odnosi na potrošnju stanovništva, industrije i za potrebe navodnjavanja u poljoprivredi, koje predstavljaju najznačajnije kategorije korisnika podzemnih voda.

U trećem poglavlju prikazani su rezultati terenskih istraživanja koja su bila usmerena na utvrđivanje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika podzemnih voda koje se koriste za piće, karakteristike postojećih izvorišta za javno vodosnabdevanje i najvećih izvorišta koja su u vlasništvu različitih industrijskih preduzeća.

U ovom poglavlju je prikazana i primenjena metodologija rada na terenu, koja se sastojala od prikupljanja podataka na izvorištima popunjavanjem posebno pripremljenih anketnih listova, zatim uspostavljanja monitoring mreže na ukupno pet lokacija na kojima su preko instaliranih elektronskih uređaja – dajvera (data logger), vršena osmatranja nivoa i temperature podzemnih voda u periodu od oko dve godine. Podaci merenja na izvorištima u Subotici, Bajmoku, Malom Idošu, Senti i Bečeju, poslužili su za utvrđivanje karakteristika režima najznačajnije izdani koja se koristi za vodosnabdevanje, poznate kao „osnovni vodonosni kompleks“ Vojvodine.

Pored ovoga prikupljeni su i obrađeni fondovski podaci četrdesetogodišnjih osmatranja nivoa podzemnih voda prve izdani koja se, takođe, izdvaja po značaju u iskorišćavanju za lokalno vodosnabdevanje ili tehničke potrebe. U poglavlju je dat i prikaz fizičko-hemijskih karakteristika podzemnih voda kao i predlog primene neophodnih tehnoloških tretmana u cilju poboljšanja kvaliteta vode koja se koristi za piće. Podaci prikupljeni na terenu inkorporirani su i statistički obrađeni primenom posebno kreirane kompjuterske baze podataka.

U četvrtom delu rada razmataraju se osnove za racionalno upravljanje raspoloživim resursima podzemnih voda u severnoj Bačkoj. Uloga podzemnih voda kao najznačajnijeg resursa koji se koristi za zadovoljenje potreba stanovništva i velikog dela privrede na ovom području, predstavljena je kroz postojeću zakonsku regulativu, prikaz njenog mesta u Zakonu o vodama, Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima i drugim brojnim zakonima i pravilnicima koji su danas u upotrebi. Istovremeno, uz prikaz daje se i kritički osvrt na postojeću regulativu u oblasti voda u Srbiji. U radu su razmotreni i propisi Evropske unije kojima se uređuje oblast vodoprivrede. Primena propisa sadržanih u Okvirnoj direktivi o vodama (EU Water Frame Directive - WFD) u našoj vodoprivrednoj praksi, je takodje analizirana.

U ovom poglavlju prikazani su rezultati dobijeni istraživanjima tokom izrade međunarodnog projekta SUDEHSTRA<sup>1</sup>, u kome je učestvovao i kandidat, i koji je za cilj imao upoznavanje hidrogeoloških karakteristika međugranične izdani formirane na teritorijama Republike Srbije i Republike Mađarske, zatim ocenu rezervi i mogućnosti perspektivnog iskorišćavanja podzemnih voda. U nastavku su prezentirane aktivnosti vodovodnih službi za utvrđivanje rezervi podzemnih

---

<sup>1</sup> Sustainable development of Hungarian-Serbian transboundary aquifer



voda na izvorištima severne Bačke izradom elaborata o rezervama podzemnih voda, kao obavezujućeg dokumenta čiji je cilj ocena iskoristivih i realno raspoloživih resursa.

U petom poglavlju disertacije prikazani su rezultati istraživanja i konkretni predlozi rešenja za upravljanje resursima podzemnih voda. Izučeni su elementi bilansa i izvršen je proračun rezervi podzemnih voda u okviru prve izdani i izdani osnovnog vodonosnog kompleksa kao najznačajnijih za vodosnabdevanje na ovom području.

Rešenja koja se u ovom poglavlju razmatraju proizvod su različitih vidova istraživanja, među kojima rezultati hidrodinamičkih proračuna i modeliranja imaju posebno mesto. Značajan izvor podataka koji su korišćeni za izradu hidrodinamičkog modela, predstavljaju rezultati hidrodinamičkih ispitivanja sprovedenih u saradnji sa mađarskim kolegama. Nedovoljan fond podataka za naš deo teritorije uslovio je potrebu korišćenja rezultata pomenutih istraživanja u cilju stvaranja podloga za prognoze i ocenu mogućnosti daljeg iskorišćavanja podzemnih voda.

U završnom delu poglavlja dati su rezultati proračuna budućih potreba za vodosnabdevanje stanovništva i industrije. Proračun je baziran na prethodnim demografskim projekcijama, predviđanju migracionih kretanja, prognozi budućeg privrednog razvoja područja i drugih socio-ekonomskih faktora. Prognoza potrošnje uvažava norme potrošnje razvijenih evropskih zemalja.

Posebna pažnja u radu je posvećena budućoj organizaciji monitoringa podzemnih voda. Izvršen je detaljan prikaz monitoring mreže i organizacija rada i vrste osmatranja koje je potrebno sprovoditi posebno za vodna tela prve izdani i osnovnog vodonosnog kompleksa.

Pored iskorišćavanja podzemnih voda analizirana su i alternativna rešenja kojima se na ovom području predviđaju mogućnosti iskorišćavanja aluvijalnih izdani Dunava i Tise koje bi se zahvatale sistemom bunara zajedno sa dubljim podzemnim vodama na novoformiranim izvorištima. Analiziran je i uticaj drugih prirodnih faktora na resurse podzemnih voda među kojima poseban značaj imaju i klimatske promene. Koncept održivog upravljanja resursima predviđa aktivno učešće svih delova društvene zajednice zbog čega je u radu izvršena kategorizacija korisnika voda prema prioritetima sa ciljem očuvanja kvaliteta vode za piće.

Zaštita podzemnih voda razmatrana je u završnom delu rada uz predlog mera koje je neophodno sprovoditi u cilju sprečavanja degradacije kvaliteta podzemnih voda. Istraživano područje karakteriše se postojanjem nekoliko lokacija na kojima se vrši značajno zagađivanje izdani, među kojima je zona Crvenka–Kula–Vrbas, usled zagađenja industrijskim otpadnim vodama poznato kao jedna od crnih tačaka zagađenosti životne sredine u ovom delu Evrope.

Poslednji deo ovog poglavlja predstavljaju zaključci disertacije. U apendiksu je kandidat priložio ukupno šest grafičkih priloga: 1. Geološka karta istraživanog područja; 2. Geološki profili istraživanog područja; 3. Hidrogeološka karta istraživanog područja; 4. Hidrogeološki profili istraživanog područja; 5. Karte rasporeda osmatračkih objekata za monitoring podzemnih voda na području severne Bačke i 6. Karakteristike gradskih izvorišta na području severne Bačke.



### 3. OCENA DOKTORSKE DISERTACIJE

#### *Aktuelnost, originalnost i značaj:*

Podzemne vode predstavljaju osnovni i praktično jedini vodni resurs koji se koristi za vodosnabdevanje na području Vojvodine, kao severne Bačke. Pored toga eksploatišu se za potrebe industrije, a značajnim delom i u poljoprivrednoj proizvodnji, za navodnjavanje. Vodonosni delovi naslaga mlađeg i starijeg kvartara, manjim delom i dubljih pliocenskih sedimenata predstavljaju najznačajnije sredine iz kojih se zahvataju podzemne vode na ovom području, ali je njihov prirodni kvalitet generalno nepovoljan, zbog čega su rezerve voda koje se mogu koristiti za piće ograničene i zahtevaju tretman prečišćavanja. Pored ovih prirodnih faktora, neracionalna potrošnja i nedovoljna zaštita podzemnih voda od zagađivanja predstavljaju najznačajnije činioce zbog kojih je problematika iskorišćavanja podzemnih voda veoma složena.

U najznačajnijim državnim planskim dokumentima koji tretiraju vodne resurse, podzemne vode i u budućem periodu će imati veliki značaj, zbog čega je upravljanje ovim resursom, što je bila i tema disertacije, važan segment privrednog razvoja Pokrajine. Vodosnabdevanje gradova i naselja na ovom području predstavlja višedecenijski i još uvek aktuelni problem. Ovo su razlozi zbog kojih je tema disertacije aktuelna, a zbog kompleksnosti, ona ima veliki značaj za buduće iskorišćavanje raspoloživih rezervi podzemnih voda.

Disertacija je ukazala da će u budućem obezbeđenju vode za piće kvalitet podzemne vode predstavljati značajniji problem u odnosu na potrebne količine, te da održivo vodosnabdevanje u severnoj Bačkoj prvenstveno podrazumeva očuvanje i poboljšanje kvaliteta vode koju koristi stanovništvo, određene grane industrije kao što je prehrambena, farmaceutska ili za potrebe napajanja stoke. Primenom kriterijuma potrošnje koji se danas koriste u zemljama Evropske unije, proračunima koji se odnose na prognoze potreba stanovništva i industrije u severnoj Bačkoj do 2030. godine u disertaciji je zaključeno je da je deficit količina u odnosu na trenutne potrebe znatno manji nego što je to npr. prikazano u Vodoprivrednoj osnovi. Razlog tome je očekivana buduća primena savremenih kriterijuma, a pre svih redukcija veličine specifične potrošnje, koja je u zapadnoevropskim zemljama danas znatno umanjena u odnosu na norme potrošnje kod nas. Smanjenje gubitaka vode zbog dotrajalosti cevovodnih sistema koji kod nas iznose i preko 40 % od zahvaćenih količina, zatim porast standarda stanovništva i drugi faktori, značajno doprinose racionalizuju ukupne potrošnje vode.

Kandidat je primenio savremenu i aktuelnu metodologiju u hidrogeologiji koja se odnosi na analizu stanja, uspostavio je potrebna osmatranja, učestvovao u kreiranju modela, i hidrodinamičkim ispitivanjima, formirao bazu podataka i obradio podatke, čime je stvorio uslove za ocenu mogućnosti daljeg racionalnog korišćenja podzemnih voda u ovom delu Srbije.

Prognozirane potrebne količine vode umanjene u odnosu na ranije procene i primarni zadatak očuvanja i popravljavanja njenog kvaliteta, menjaju osnove perspektivnog vodosnabdevanja. Na ovaj način menja se uverenje koje je naročito prisutno u lokalnim zajednicama i u planovima razvoja opština, prema kojem se buduće uspešno vodosnabdevanje izjednačava sa obezbeđenjem dodatnih količina vode, pri čemu se često zapostavlja aspekt kvaliteta i zaštite vode.

Kao učesnik u realizaciji međunarodnog projekta SUDEHSTRA kandidat je obezbedio i potpunija hidrogeološka znanja o susednom području severne Bačke na delu teritoriji južne



Mađarske, koja zajedno sa istraživanim područjem, u hidrogeološkom pogledu čini jedinstvenu celinu.

U svom radu, kandidat je rešenja koja se odnose na buduće iskorišćavanje resursa podzemnih voda težio da u potpunosti usaglasi sa principom održivog upravljanja i kriterijumima Okvirne direktive o vodama Evropske Unije, čime je dao značajan doprinos primeni savremenih vodoprivrednih propisa u nas.

#### ***Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu:***

Autor disertacije na kraju rada navodi spisak od 85 referenci koji čine publikovani i fondovski radovi različitih institucija koji su korišćeni tokom istraživanja i obrade podataka. Veliki broj literaturnih jedinica odnosi se na projekte, elaborate i studije geoloških i hidrogeoloških istraživanja koja su vršena na ovom području. Deo korišćenog fonda čine radovi naših autora objavljeni u časopisima sa SCI liste, u monografijama ili na međunarodnim skupovima.

U spisku literature navode se praktično sve važnije i referentne bibliografske jedinice za tematiku kojom se kandidat bavi.

#### ***Analiza primenjenih naučnih metoda:***

Izrada doktorske disertacije vršena je primenom različitih metodskih postupaka koji se standardno koriste u naučno-istraživačkom radu.

Prikupljanje i proučavanje postojeće fondovske i publikovane dokumentacije predstavljalo je prvi korak u istraživanjima. Za istraživano područje postoji obimna literatura o geološkoj građi terena zahvaljujući intenzivnim istraživanjima nafte i gasa, dok je u poslednjim decenijama primetan i veći fond hidrogeoloških podataka zahvaljujući izradi elaborata o rezervama podzemnih voda. Pomenuta dokumentacija predstavljala je značajan izvor baznih podataka za izradu disertacije.

Tokom izrade disertacije terenski rad obavljen je u velikom obimu. Istraživanja su vršena na postojećim izvorištima za vodosnabdevanje stanovništva i industrije, u cilju prikupljanja podataka o njihovom radu, vrsti i načinu funkcionisanja vodovodnih sistema, prikupljanja podataka režimskih osmatranja, ocene zaštite izvorišta i organizacije rada vodovodnih službi. Prikupljanje podataka vršeno je sprovođenjem metode anketiranja i provere *in situ* čime je uspostavljena standardizacija u načinu prikupljanja podataka i obezbeđena njihova sistematizacija.

Značajan deo terenskih istraživanja odnosio se na organizaciju monitoring mreže na pet lokacija i gotovo dvogodišnja osmatranja nivoa podzemnih voda u okviru naslaga starijeg kvartara - Pleistocena (osnovni vodonosni kompleks). Merenja su vršena savremenim automatizovanim uređajima - dajverima instaliranim u istažnim bušotinama, čime je obezbeđen visok kvalitet prikupljenih podataka velike učestalosti merenja.

Kabinetski rad uključio je obradu podataka korišćenjem relacione baze koja je projektovana posebno za potrebe disertacije. Baza sadrži oko 170 elemenata identičnih sa pitanjima u



anketnim listovima. Na ovaj način obezbeđena je kvalitetnija obrada velikog broja podataka uz mogućnost kreiranja upita koji obezbeđuju kombinovanu obradu različitih vrsta podataka.

Prikupljeni podaci poslužili su za utvrđivanje trenutne potrošnje vode, određivanja vrednosti pojedinih elemenata bilansa podzemnih voda u postavljenoj bilansnoj jednačini, a zatim i ocenu rezervi podzemnih voda u okviru vodonosnih naslaga mlađeg (prve izdani) i starijeg kvartara (osnovni vodonosni kompleksa).

Za proračun bilansa kandidat je koristio raspoložive podatke o klimatskim karakteristikama područja, koje je statistički i grafički obradio. Analizirani su podaci o hidrografiji i geomorfološkim karakteristikama terena, a zatim su proučene geološke i hidrogeološke karakteristike ovog dela Panonskog basena. Za ocenu pojedinih elemenata bilansa korišćena je i metoda analogije sa područjem južne Mađarske, obzirom da su mađarski istraživači vršili detaljnija proučavanja ovih parametara.

Za ocenu rezervi podzemnih voda primenjene su savremene metode proračuna izradom hidrodinamičkog modela. Za izradu modela korišćen je savremeni računarski program *Processing Modflow*.

Koncepcija upravljanja resursima podzemnih voda implementirana je u skladu sa savremenom vodoprivrednom metodologijom koja je sadržana u Okvirnoj direktivi o vodama EU. Perspektivno vodosnabdevanje i rešenja bazirana su na principima održivog razvoja, integralnog upravljanja vodama, ekonomskog vrednovanja vode i usluga i učešća javnosti. Proračuni potreba za vodom izvršeni su za period do 2020., a zatim i 2030. god. uz uvažavanje normi racionalne i održive potrošnje.

Dostizanje kriterijuma poboljšanog kvaliteta vode za piće, u današnjim uslovima na području severne Bačke zahtevaju razvoj dugoročne strategije sa uvođenjem tehnoloških tretmana pripreme, odnosno obrade podzemne vode. U radu se, u zavisnosti od fizičkih karakteristika i hemijskog sastava podzemne vode, za svako postojeće izvoriste prikazuju odgovarajuće tehnike tehnološke obrade vode, koje su razrađene od strane naših stručnjaka.

Strategija zaštite podzemnih voda, mere zaštite i uspostavljanje zona sanitarne zaštite, primena agrohemijjskih sredstava u poljoprivredi i dr., obrađeni su na savremen način i u skladu sa strogim evropskim standardima.

### ***Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata:***

Područje severne Bačke kao i cele Vojvodine često se izdvaja kao region sa značajnim problemima u vodosnabdevanju. Ovakvi stavovi su delimično tačni i odnose se na nepovoljan prirodni kvalitet vode za piće i ranije probleme sa opadanjem nivoa podzemnih voda, naročito izraženim tokom osamdesetih godina XX veka. Obzirom na činjenicu da podzemna voda predstavlja jedini resurs koji se koristi za piće, ovi problemi razvojem područja, postaju sve izraženiji. Realizacija alternativnih rešenja kojima se predviđa otvaranje novih regionalnih izvorišta u aluvijonima Dunava i Tise, zbog velikih investicionih ulaganja još uvek nisu realna, zbog čega „lokalne“ podzemne vode i ubuduće treba da imaju primarni značaj za vodosnabdevanje.



Na ovom disertacijom stečenim i produbljenim naučnim saznanjima o prirodnim uslovima formiranja resursa podzemnih voda, podacima o privrednim i društvenim karakteristikama područja severne Bačke, treba da budu uspostavljene osnove za podršku vodoprivrednim planovima na nivou slivova, i buduće održivo iskorišćavanje podzemnih voda. Stoga, disertacija ima praktični značaj i realno je očekivati da naučna saznanja budu primenjena u vodoprivrednoj delatnosti i planskim dokumentima Vojvodine.

Istraživanja koja su vršena tokom izrade disertacije predstavljaju i primer očekivanih obavezujućih aktivnosti koje danas vrše vodoprivredne organizacije u većini razvijenih evropskih zemalja. Tako su rezultati organizovanog monitoringa podzemnih voda značajni za sve vodovodne službe na ovom području i trebalo bi nastaviti sa uspostavljenim merenjima, proširujući mrežu osmatračkih objekata prema rasporedu i vrstama merenja (kvantitativni i hemijski monitoring) a u skladu sa rešenjima predloženim u disertaciji.

Nepovoljan prirodni kvalitet podzemnih voda zbog fizičkih osobina i hemijskog sastava koji često karakteriše prisustvo povišenih koncentracija pojedinih komponenti hemijskog sastava (pr. arsen, amonijak, organske materije) predstavljaju jedan od najznačajnijih problema vodosnabdevanja. Do danas problem kvaliteta nije svuda i potpunosti uspešno rešen, pre svega usled velikog broja malih lokalnih izvorišta i nedostatka sredstava za primenu sistematskog tretmana prečišćavanja voda ili formiranja regionalnih izvorišta.

U disertaciji su na bazi proučavanja kvaliteta podzemnih voda koje se zahvataju za svako izvorište, u zavisnosti od vrste povišenih komponenti u vodi, preporučeni i razrađeni odgovarajući tehnološki tretmani kojima treba da se podvrgava sirova voda do dostizanja kvaliteta propisanog pravilnikom o kvalitetu vode za piće. Ova tehnološka rešenja rezultat su istraživanja stručnjaka tehnološke i hemijske struke.

Problemi zaštite podzemnih voda na istraživanom području aktuelni su zbog prisustva brojnih hemijskih elemenata i jedinjenja u površinskim i podzemnim vodama. Posebno je ugrožena prva izdan, što ograničava njenu upotrebu u vodosnabdevanju. Istraživanjima za potrebe izrade disertacije utvrđeni su izvori zagađenja i dat predlog likvidacionih i sanacionih mera.

Konačno, koncept upravljanja resursima podzemnih voda koji je promovisan u disertaciji predstavlja implementaciju kriterijuma evropskih propisa iz ove oblasti koji se već primenjuju u državama Evropske Unije i verifikovani su pozitivnim rezultatima.

#### ***Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad:***

Kandidat je do danas objavio 31 naučni i stručni rad, koji su po svom sadržaju vezani direktno ili indirektno za obradjenu temu disertacije. Od posebnog značaja su sledeći radovi kandidata vezani za tematiku, tehnička rešenja ili područje koje obradjuje doktorska disertacija, a koji su objavljeni u časopisima, međunarodnim i domaćim monografijama i na konferencijama:

#### ***Radovi u časopisima sa SCI liste:***

Papić P., Čuk M., Todorović M., Stojković J., Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D., (2012). **Arsenic in tape waters of the south Pannonian basin (Serbia) and arsenic risk assessment.** Polish Journal of Enivronmental Studies. M23. Vol. 21, No 6. pp. 1783-1790.



Polomčić D., Hajdin B., Stevanović Z., Bajić D., Hajdin K. (2013). **Groundwater management by riverbank filtration and an infiltration channel, the case of Obrenovac, Serbia.** Hydrogeology Journal. M22. Vol 21. pp.1519-1530.

*Medjunarodna monografija:*

Stevanović Z., Kozák P., Lazić M., Szanyi J., Polomčić D., Kovács B., Török J., Milanović S., Hajdin B., Papić P. ( 2011) : **Towards Sustainable Management of Transboundary Hungarian-Serbian Aquifer.** In: A Multidisciplinary Approach Transboundary Water Resources Management. Monograph (eds. Ganoulis J, Aureli A. & J.Fried). Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, pp. 143-149

*Domaća monografija:*

Polomčić D., Stevanović Z., Dokmanović P., Papić P., Ristić-Vakanjac V., Hajdin B., Milanović S., Bajić D., 2011: **Vodosnabdevanje podzemnim vodama u Srbiji - stanje i perspektive.** Monografija „40 godina Departmana za hidrogeologiju“ pp. 45 - 78. Rudarsko-geološki fakultet. Beograd.

*Ostali objavljeni radovi kandidata vezani za temu disertacije:*

Stevanović Z., Hajdin B., Vujasinović S., Djurić D., Tripković M., 2007: **O potrebi hidrogeoloških istraživanja radi ocene bilansa i rezervi podzemnih voda u Srbiji.** 36. konferencija o korišćenju i zaštiti voda “Voda 2007”, VI, Tara

Stevanović Z., Kozák P., Lazić M., Szanyi J., Polomčić D., Kovács B., Török J., Milanović S., Hajdin B., 2008 : **Towards sustainable management of transboundary Hungarian – Serbian aquifer,** Proceedings of IV International Symposium on Transboundary Waters Management, CD publ. Thessaloniki - Greece 2008.

Polomčić D., Stevanović Z., Sorajić S., Milanović S., Hajdin B., Kljajić Ž. (2010): **Održivo korišćenje srpsko-mađarskih međugraničnih vodnih tela,** Vodoprivreda, br. 246-248, Beograd. p.p. 223-235.

Polomčić D., Stevanović Z., Dokmanović P., Ristić-Vakanjac V., Hajdin B., Milanović S., Bajić D., (2012): **Optimizacija vodosnabdevanja podzemnim vodama u Srbiji.** Zbornik radova XIV Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji, Zlatibor, pp. 15-21.

Polomčić D., Stevanović Z., Bajić D., Hajdin B., Ristić-Vakanjac V., Dokmanović P., Milanović S., (2012). **Vodosnabdevanje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima Srbije.** Vodoprivreda br. 258-260, pp. 225-231. Beograd.

\* \* \*

Mr Bojan Hajdin već je afirmisani naučni radnik i stručnjak u oblasti hidrogeologije i posebno vodosnabdevanju podzemnim vodama. Njegove predispozicije za praktični istraživački i naučni rad već su proverene, a rezultati do kojih je došao u disertaciji, i njihova primena u vodoprivrednoj praksi, dodatno će doprineti njegovoj afirmaciji u stručnoj javnosti.



#### 4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

##### *Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa*

Raspolaganje resursima podzemnih voda na području severne Bačke vrši se trenutno na nedovoljno organizovan način, što je pre svega posledica nedovoljnog poznavanja hidrogeoloških, hidrodinamičkih i drugih karakteristika geološke sredine.

Sistematskim hidrogeološkim istraživanjima koja su izvedena primenom savremenih hidrogeoloških metoda, savremenim informatičkim metodama obrade podatka i primenom metoda matematičkog modeliranja, postignuta su nova i dopunska saznanja i dobijeni rezultati koji predstavljaju osnov budućim planovima i projektovanju mogućih rešenja u vodoprivredi, i rešavanju praktičnih zadataka koji pripadaju drugim naučnim oblastima (pr. tehnologija vode).

Analizom rezervi podzemnih voda prve izdani i dubljeg osnovnog vodonosnog kompleksa, kao i raspodele elemenata vodnog bilansa, ocenjeni su raspoloživi potencijali podzemnih voda i ukazano da je odnos vodnog potencijala i potreba relativno uravnotežen, što budućim istraživačima obezbeđuje realniju osnovu pri rešavanju različitih vodoprivrednih problema.

Primenjen je savremen naučni postupak u istraživanjima kojima se upravljanje resursima podzemnih voda sprovodi metodologijom i prema kriterijumima u skladu sa koncepcijom Okvirne direktive o vodama EU.

Neki od ostvarenih konkretnih naučnih rezultata ove disertacije su:

- Izvršena je sistematizacija postojećih geoloških i hidrogeoloških podataka. Prikupljeni podaci su obrađivani i interpretirani primenom savremenih računarskih programa.
- Dat je doprinos poznavanju režima najznačajnijih izdani koje se koriste za vodosnabdevanje, prve izdani i dubljeg, osnovnog vodonosnog kompleksa. Data je ocena bilansnih elemenata i ocena rezervi podzemnih voda prve izdani i osnovnog vodonosnog kompleksa.
- Primenjena metodologija i kriterijumi za realizaciju održivog upravljanja resursima podzemnih voda su u skladu sa savremenom trendovima u hidrogeološkim istraživanjima.
- Primenom savremenih kriterijuma i normi date su procene buduće potrošnje, do 2030. godine. Utvrđen je budući prioritet u rešavanju problema kvaliteta podzemnih voda u odnosu na potrebne količine.
- Dat je predlog mera zaštite voda od zagađivanja i njenog tretmana, kao i organizacije budućeg monitoringa kvaliteta i kvantiteta zahvaćenih voda.

##### *Kritička analiza rezultata istraživanja:*

Cilj disertacije da se izvrše istraživanja kojima će se definisati smernice za uspostavljanje održivog načina upravljanja resursima podzemnih voda na ovom području, predstavljala je ambiciozan ali i ostvaren zadatak. Primena će u našim današnjim društveno-ekonomskim okolnostima, biti objektivno otežana zbog potrebe organizacionih izmena i prilagođavanja propisa, ali i neophodnosti većih materijalnih ulaganja u istraživanja i modernizaciju sistema vodosnabdevanja i kontinualnog monitoringa.



Ovom disertacijom dat je doprinos poznavanju geološke građa i opštih hidrogeoloških karakteristika područja, ocenjena je trenutna organizacija rada nadležnih službi, uočeni nedostaci u sistematskom praćenju relevantnih parametara kvantiteta i kvaliteta voda. Deo podataka potreban za proračune i ocenu bilansa i rezervi podzemnih voda prikupljen je uspostavljanjem namenske monitoring mreže na reprezentativnim punktovima, a jedan deo podataka obezbeđen je proučavanjem postojećih arhiva službi vodovoda, analizom dokumentacije preduzeća koja su vršila projektovanja i realizovala različite vrste istaživanja, kao i analizom podataka arhiva nadležnih ustanova i Pokrajinskih sekretarijata.

Najveći problemi tokom rada vezani su za proračun bilansa podzemnih voda i prve i dublje izdani, zbog nepoznavanja veličina pojedinih elemenata (uglavnom rashodnih elemenata oticaja i potrošnje vode tzv. malih korisnika). Stvarne vrednosti evapotranspiracije, infiltracije od padavina i elementi koji se odnose na podzemni doticaj ili oticaj, zatim količine površinskih voda kojima se prihranjuje izdan i obrnuti proces, pražnjenje izdani u vodotokove, nisu bile poznate i neke do njih morale su biti pretpostavljene. Iako su bila veoma korisna iskustva kolega iz Mađarske, koji su vršili ovakva istraživanja i raspolagali sa više korisnih podataka, kvantifikacija bilansnih elemenata, kao i ocena rezervi moraju biti uzeta sa određenom rezervom i treba ih proveravati budućim detaljnim istaživanjima.

Na istraživanom području najznačajniji korisnici podzemnih voda su stanovništvo, industrija, a poslednjih godina sve izraženije je iskorišćavanje za potrebe navodnjavanja od strane individualnih poljoprivrednih proizvođača. Ovaj poslednji vid potrošnje odvija se bez uvida nadležnih službi i postoji nepoznavanje količina koje se zahvataju. Terenskim „random“ prospekcijama konstatovana je ekspanzija ovog vida potrošnje u severnoj Bačkoj. Zbog nedostatka egzaktnih podataka o zahvatanju za ove potrebe, ocena količina izvršena je u nekoliko varijanti, u zavisnosti od pretpostavljenih površina koje se zalivaju. Dobijene vrednosti količina podzemnih voda koje se zahvataju variraju u širokom rasponu, i bitno utiču na ocenu ukupnih rezervi, ali i na preraspodelu i prihranjivanje dubljih izdani. Disertacija nije dala preciznije odgovore na pitanja koja su u vezi sa ovim vidom potrošnje, ali je naglašeno da je to zadatak budućih mera upravljanja vodnim resursima.

U disertaciji je izvršena ocena budućih potreba i potrošnje vode do 2030. godine. Proračun je izvršen nakon prethodne izučenosti najznačajnijih faktora kao što su demografske projekcije, migraciona kretanja stanovništva, prognozirani budući privredni razvoj severne Bačke i drugi ekonomski parametri. Kandidat se kritički osvrnuo na reprezentativnost ovih ulaznih podataka u ranijim proračunima i koji više ne mogu biti relevantni za dugoročne prognoze.

#### ***Očekivana primena rezultata u praksi i njihova promocija:***

Treba naglasiti značaj ostvarenog naučnog pristupa kompleksnoj problematici rešavanja zadataka u oblasti vodoprivrede koji se odnose na iskorišćavanje, zaštitu i očuvanje resursa podzemnih voda. Ovaj koncept u istraživanjima metodolški može da bude primenjen i u rešavanju ove problematika na drugim sličnim područjima u nas.

Očekuje se da zbog akutelnih problema u oblasti vodoprivrede, rezultati do kojih se došlo izradom disertacije ubuduće budu praktično primenjeni na celom istraživanom području severne Bačke.



U disertaciji je detaljno prikazana buduća organizacija monitoring mreže, gustina i raspored osmatrački objekata, dat predlog vrste (kvantitativni i kvalitativni monitoring) i učestalosti osmatranja. U savremenoj evropskoj legislativi u oblasti voda, sprovođenje monitoringa ujedno predstavlja i osnov na kojem počiva uspostavljanje održivog upravljanja ovim resursom.

Na lokalnom nivou, praktična primena u oblasti vodosnabdevanja odnosi se na organizaciju rada službi vodovoda gde je istaknut značaj organizacije režimskih osmatranja na izvorištima kao osnovni uslov za racionalno korišćenje podzemnih voda. Na bazi stečenih saznanja o kvalitetu podzemnih voda, u disertaciji je za svako izvorište dat predlog odgovarajućeg tehnološkog rešenja obrade sirove vode, u zavisnosti od fizičkih osobina i hemijskih karakteristika vode, a u skladu sa važećim propisima u pogledu kvaliteta vode za piće.

Sa aspekta planiranja budućeg vodosnabdevanja, disertacija pruža dobar osnov pri izradi planskih dokumenata, kako opštinskih tako i regionalnih, jer je na osnovu detaljne analize svih relevantnih faktora izvršena ocena potreba i potrošnje vode stanovništva i industrije na ovom području.

## **5. ZAKLJUČAK I PREDLOG**

Doktorska disertacija kandidata Mr Bojana Hajdina, dipl. inženjera geologije, pod nazivom **Upravljanje resursima podzemnih voda severne Bačke**, predstavlja dokumentovan, obiman i originalni naučno-istraživački rad iz domena geologije i hidrogeologije intergranularnih vodonosnih sredina baziran na primeni savremenih metoda istraživanja.

Bojan Hajdin, već afirmisani istraživač i stručni saradnik na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta primenio je savremene metode istraživanja i obrade podataka o prvoj freatskoj i dubljoj izdani koja se aktivno koristi za vodosnabdevanje na području severne Bačke. Analiza podataka uspostavljenog monitoringa, ocena bilansnih elemenata i rezervi voda ovih izdani, ukazala je da će u budućem obezbeđenju vode za piće kvalitet podzemne vode predstavljati značajniji problem u odnosu na količine resursa, te da održivo vodosnabdevanje treba prvenstveno da podrazumeva očuvanje i poboljšanje kvaliteta vode i zaštitu od zagađivanja.

Rezultati dobijeni ovom disertacijom treba da omoguće racionalnije i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima na području Bačke, a primenjeni koncept istraživanja može se kao model primeniti i na drugim terenima u nas u kojima dominira prisustvo arteskkih i subarteskkih izdani.

Ovom disertacijom B. Hajdin pružio je značajan doprinos poznavanju hidrogeologije naših terena i sačinio jednu od prvih kompleksnih studija u kojima je u prvi plan stavljen održivi menadžment podzemnih vodnih resursa. Dobijeni rezultati i stečena saznanja predstavljaju novi doprinos poznavanju problema koji prate eksploataciju podzemnih voda u ovim sredinama.

U periodu od odobravanja teme ove disertacije do danas kandidat je objavio više radova od čega dva u časopisima sa SCI liste. Prikazani rezultati izvršenih ispitivanja, kao i prezentacija



korišćenih metoda i postupaka u radovima i na naučnim skupovima potvrdili su naučni i praktični značaj disertacije.

Komisija je sa zadovoljstvom zaključila da doktorska disertacija kandidata Bojana Hajdina predstavlja značajan i originalni naučni doprinos oblasti geologije i hidrogeologije, da je u svemu izrađena u skladu sa standardima naučno-istraživačkog rada i propisima, te stoga predlaže Nastavno-naučnom veću Rudarsko-Geološkog fakulteta da ovaj izveštaj prihvati, disertaciju stavi na uvid javnosti i uputi izveštaj Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu radi konačnog usvajanja, nakon čega bi se pristupilo usmenoj odbrani pred komisijom u istom sastavu.

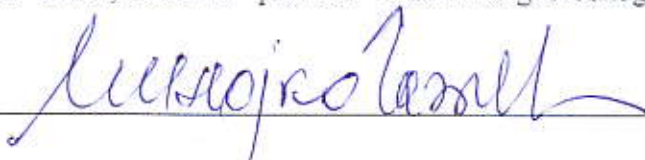
u Beogradu, 05.12. 2013 godine.

Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije:

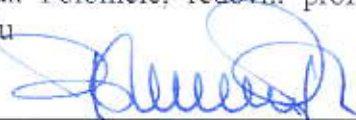
1. Dr Zoran Stevanović, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu



2. Dr Milojko Lazić, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu



3. Dr Dušan Polomčić, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu



4. Dr Dragan Povrenović, docent Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu

