

09. 11. 2015.

1/442

На 11/15-ој седници Департамана за хидрогеологију одржаној дана 05.11.2015. године једногласно је донета

О Д Л У К А

да се предложи Већу Геолошког одсека да усвоји извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата, Драгољуба Бајића, дипл. инж. геологије, под називом

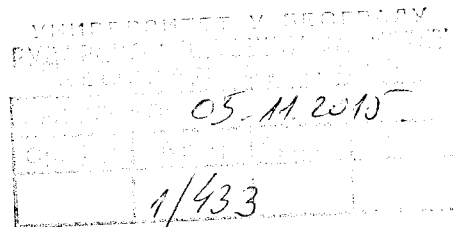
“ФАЗИ ОПТИМИЗАЦИЈА У ХИДРОДИНАМИЧКОЈ АНАЛИЗИ ЗА ПОТРЕБЕ ПРОЈЕКТОВАЊА СИСТЕМА ОДБРАНЕ ОД ПОДЗЕМНИХ ВОДА“

Комисија је у следећем саставу:

др Душан Поломчић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета
др Игор Јемцов, ван. проф. Рударско-геолошког факултета
др Веселин Драгишић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета
др Весна Ристић Вакањац, ван. проф. Рударско-геолошког факултета
др Тина Дашић, ван. проф. Грађевинског факултета

Шеф Департамана за хидрогеологију


проф. др Петар Докмановић



NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Dragoljuba Bajića

Odlukom 1/387 br. od 27.10.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Dragoljuba Bajića, dipl. ing. geologije, pod naslovom

„Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i konsultacija sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Dragoljub Bajić upisao je školske 2008/2009. godine doktorske akademske studije na Rudarsko-geološkom fakultetu na studijskom programu Hidrogeologija. Položio je sve ispite predviđene planom i programom studija sa prosečnom ocenom 10.
- U julu 2011. god. izradom Projekta doktorske disertacije i javnom odbranom istog, definisane su naučna metodologija i predmetna oblast istraživanja, što je omogućilo postavljanje osnovne strukture doktorske disertacije.
- U decembru 2013. god. doktorand je podneo zvanični predlog teme za izradu doktorske disertacije.
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta od 28.01.2014. god. (br. 1/37) imenovana je petočlana Komisija za ocenu podobnosti teme, kandidata i mentora predložene teme doktorske disertacije u sastavu: dr Dušan Polomčić, red. prof. (mentor, Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Igor Jemcov, van. prof. (mentor, Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Veselin Dragišić, red. prof. (Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Vesna Ristić Vakanjac, van. prof. (Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet) i dr Tina Dašić, van. prof. (Univerzitet u Beogradu: Građevinski fakultet).
- Nastavno-naučno veće Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 27.03.2014. god., shodno članu 175. stav 4. Statuta Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, donelo je odluku o usvajanju izveštaja Komisije za ocenu podobnosti teme, kandidata i mentora predložene teme doktorske disertacije. Prema ovoj odluci, doktorandu se odobrava izrada doktorske disertacije pod naslovom: „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“, a za mentore se imenuju dr Dušan Polomčić, red.

- prof. (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet) i dr Igor Jemcov, van. prof. (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet).
- Na osnovu člana 47. stav 5. tačka. 3. Statuta Univerziteta u Beogradu ("Glasnik Univerziteta u Beogradu", broj 162/11- prečišćeni tekst, 167/12 i 172/13) i čl. 14. – 21. Pravilnika o većima naučnih oblasti na Univerzitetu u Beogradu ("Glasnik Univerziteta u Beogradu", broj 134/07, 150/09, 158/11, 164/11 i 165/11), a na zahtev Rudarsko-geološkog fakulteta, broj: 1/113 od 28.03.2014. godine, Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, na sednici održanoj 12.05.2014. godine, donelo je odluku o davanju saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije Dragoljuba Bajića pod nazivom: „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“.
 - U septembru 2015. god. kandidat je podneo molbu Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta za produženje roka za izradu doktorske disertacije do završetka školske 2015/2016. god. zbog bolničkog i kućnog lečenja u više navrata tokom 2014. i 2015. godine.
 - Nastavno-naučno veće Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 17.09.2015. god. u Beogradu, shodno članu 92. stav 4b (Odluka o izmenama i dopunama Statuta Univerziteta u Beogradu broj 178 od 21.03.2014. god.) donelo je Odluku o odobravanju produženja roka za izradu doktorske disertacije Dragoljuba Bajića pod nazivom: „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ do završetka školske 2015/2016. god.
 - U oktobru 2015. god. doktorand je podneo zahtev za imenovanje komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta.
 - Na osnovu člana 30. Zakona o visokom obrazovanju, člana 117. Statuta Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i člana 26. Pravilnika o studiranju na doktorskim studijama i sticanju zvanja doktora nauka, Nastavno-naučno veće Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 22.10.2015. god. donelo je Odluku (br. 1/387) o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Dragoljuba Bajića, dipl. inž. geologije, pod naslovom „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ u sastavu: dr Dušan Polomčić, red. prof. (mentor, Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Igor Jemcov, van. prof. (mentor, Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Veselin Dragišić, red. prof. (Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet), dr Vesna Ristić Vakanjac, van. prof. (Univerzitet u Beogradu: Rudarsko-geološki fakultet) i dr Tina Dašić, van. prof. (Univerzitet u Beogradu: Građevinski fakultet).

1.2. Naučna oblast disertacije

Doktorska disertacija pod naslovom „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ pripada oblasti tehničkih nauka. Po predmetu istraživanja, disertacija pripada naučnoj oblasti „geo-nauke“, odnosno užoj naučnoj oblasti „vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda“, za koju je matičan Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet. Specijalistički segment koji obuhvata doktorska disertacija je primena fazi logike u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda. Za mentore doktorske disertacije imenovani su:

- dr Dušan Polomčić, redovni profesor, uža naučna oblast: vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet) i
- dr Igor Jemcov, vanredni profesor, uža naučna oblast: vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet).

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Dragoljub Bajić rođen je 27. decembra 1984. godine u Kikindi. Gimnaziju "Dušan Vasiljev", opšteg smera, završava u Kikindi 2003. god. Oktobra 2003. godine upisuje studije na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer: hidrogeologija. 2008. godine postaje dobitnik nagrade za studenta generacije Rudarsko-geološkog fakulteta. Diplomirao je, pre roka, 31. marta 2008. god., sa prosečnom ocenom 8,92. Tokom osnovnih akademskih studija (2003-2008. godine) bio je stipendista Ministarstva prosvete i sporta Republike Srbije.

Oktobra 2008. godine upisao je doktorske akademske studije na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu na studijskom programu hidrogeologija. Za vreme trajanja doktorskih akademskih studija (2009-2011. god.) bio je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Tokom doktorskih akademskih studija na Rudarsko-geološkom fakultetu, usavršavanje je obavljao i pohađajući organizovane kurseve na Tehničkom Univerzitetu u Ostravi (Češka Republika, 2011. god.), Univerzitetu u Dubrovniku (Republika Hrvatska, 2011. i 2013. god.) i Univerzitetu u Zagrebu (Republika Hrvatska, 2012. god.).

Član je domaćih i internacionalnih strukovnih organizacija: „Srpsko geološko društvo“, „Udruženje Milutin Milanković“, „The International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems“, „The International Mine Water Association“, „The DAAAM International Vienna (Danube Adria Association for Automation & Manufacturing)“, „The International Association for Mathematical Geosciences“, „The International Water Resources Association“ i „The International Association of Hydrogeologists“.

Učestvovao je na većem broju domaćih i međunarodnih naučnih skupova, na kojima je prezentovao radove iz oblasti hidrogeologije i publikovao ih u zbornicima radova. Koautor je poglavlja u monografiji, a učestvovao je u izradi nekoliko naučno-istraživačkih projekata o hidrogeološkim istraživanjima i elaborata o rezervama podzemnih voda, izvedenim na teritoriji Srbije. Na „7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment systems“ bio je kopredsedavajući na sesiji "Water resources", a na „8th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment systems“ bio je kopredsedavajući na sesiji „Water treatment 1“.

Kao stipendista-doktorand Ministarstva prosvete nauke i tehnološkog razvoja u periodu 2009-2010, učestvovao je na projektu „Istraživanje, ocena i značaj podzemnih vodnih resursa u konceptu održivog razvoja“, i tokom 2011. god. na projektu „Potencijal i podloge za održivo korišćenje podzemnih voda“.

Od 2012. godine izabran je u zvanje istraživač-saradnik od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Od 2012. god. zaposlen je kao istraživač-saradnik na Departmanu za Hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta na projektu osnovnih istraživanja Ministarstva prosvete nauke i tehnološkog razvoja pod nazivom: „Potencijal i podloge za održivo korišćenje podzemnih voda“.

Na Rudarsko-geološkom fakultetu kao doktorand od školske 2008/2009. godine učestvuje u pripremi vežbi na predmetima: Izvorišta i zahvati podzemnih voda, Modeliranje podzemnih voda 1, Modeliranje podzemnih voda 2, Računarstvo u hidrogeologiji, a u školskoj 2014/2015. godine i na predmetima Opšta hidrologija i Terenska nastava iz opšte hidrologije.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija pod nazivom „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ je napisana na 316 strana i u skladu sa uputstvom za oblikovanje doktorske disertacije od strane Univerziteta u Beogradu. Disertacija sadrži 115 ilustracija (grafikona, crteža ili shema) i 23 tabela. Sadrži sledeće delove: naslovnu stranu na srpskom i engleskom jeziku, stranu sa podacima o mentorima i članovima komisije, rezime na srpskom i engleskom jeziku sa ključnim rečima, četiri poglavlja, spisak korišćene literature, biografiju doktoranda sa spiskom objavljenih naučnih radova i izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije dokorskog rada i izjavu o korišćenju.

Strukturu doktorske disertacije je sledeća čine sledeće oblasti:

- I. Uvodna razmatranja
- II. Teorijski deo
- III. Eksperimentalni deo, rezultati i diskusija
- IV. Zaključak

Sadržaj doktorske disertacije je sledeći:

I UVODNA RAZMATRANJA

II TEORIJSKI DEO

1. Sistemi odbrane od podzemnih voda
 - 1.1. Analiza uslova za odbranu od podzemnih voda
 - 1.2. Hidrogeološka istraživanja za potrebe projektovanja sistema za odbranu od podzemnih voda
 - 1.3. Odbrana i metode odbrane od podzemnih voda
 - 1.4. Elementi sistema odbrane od podzemnih voda
 - 1.5. Faktori i kriterijumi za izbor elemenata sistema za odbranu od podzemnih voda
2. Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda
 - 2.1. Rešavanje hidrogeoloških problema primenom hidrodinamičke analize
 - 2.2. Hidrogeološki model
 - 2.3. Trodimenzionalni hidrodinamički model režima podzemnih voda
 - 2.3.1. Prevođenje hidrogeološkog modela u hidrodinamički model
 - 2.3.1.1. Geometrization i diskretization prostora i vremena
 - 2.3.1.2. Granični i početni uslovi
 - 2.4. Etaloniranje hidrodinamičkog modela
 - 2.5. Analiza osetljivosti hidrodinamičkog modela
 - 2.6. Verifikacija hidrodinamičkog modela
 - 2.7. Prognozni proračuni hidrodinamičkog modela - eksploatacija hidrodinamičkog modela
 - 2.8. Noveliranje hidrodinamičkog modela
 - 2.9. Prikaz rezultata hidrodinamičkog modeliranja
3. Primena fazi logike u hidrogeologiji i hidrodinamici
 - 3.1. Istorijat razvoja i osnovni koncept fazi logike
 - 3.2. Terminologija fazi logike

- 3.3. Fazi skupovi u fazi logici
 - 3.3.1. Funkcija pripadnosti fazi skupa (μ) i njeni oblici
 - 3.3.2. Osnovni operatori fazi skupova
 - 3.3.3. Fazi relacije
- 3.4. Fazi brojevi
- 3.5. Aritmetički operatori fazi brojeva
 - 3.5.1. Operacije sa jednim operatorom
 - 3.5.2. Binarne operacije
- 3.6. Primena fazi logike u geostatistici - fazi kriging
- 3.7. Primena fazi logike u optimizaciji
 - 3.7.1. Izbor kriterijuma za fazi optimizaciju
 - 3.7.2. Metoda analitičko hijerarhijskog procesa (AHP metoda)
 - 3.7.3. Osnovni koncept fazi analitičko hijerarhijskog procesa (FAHP)
 - 3.7.4. Prikaz koncepta fazi optimizacije i izbor metode

III EKSPERIMENTALNI DEO, REZULTATI I DISKUSIJA

1. Izbor i karakteristike eksperimentalnog područja istraživanja - površinski kop „Buvač“
 - 1.1. Klimatske, hidrografske i hidrološke karakteristike istražnog područja
 - 1.2. Geološke karakteristike istražnog područja
 - 1.3. Hidrogeološke karakteristike istražnog područja
2. Hidrogeološki model površinskog kopa „Buvač“
3. Prvi trodimenzionalni hidrodinamički model režima izdani površinskog kopa „Buvač“
 - 3.1. Diskretizacija strujnog polja istražnog područja
 - 3.2. Geometrija šematizovanih slojeva istražnog područja
 - 3.3. Filtracione karakteristike istražnog područja
 - 3.4. Granični uslovi na istražnom području
 - 3.5. Etaloniranje prvog modela površinskog kopa „Buvač“
4. Inovirani trodimenzionalni hidrodinamički model površinskog kopa „Buvač“
 - 4.1. Postavljanje inoviranog hidrodinamičkog modela istražnog područja
 - 4.2. Procena filtracionih karakteristika porozne sredine istražnog područja primenom fazi kriging metode
 - 4.3. Granični uslovi na istražnom području
 - 4.4. Kalibracija inoviranog hidrodinamičkog modela površinskog kopa „Buvač“
 - 4.5. Bilans podzemnih voda na istražnom području
5. Hidrodinamički prognozni proračuni za potrebe projektovanja sistema odbrane površinskog kopa „Buvač“ od podzemnih voda
 - 5.1. Menadžment scenariji - varijante rešenja karakteristika sistema odbrane od podzemnih voda
 - 5.1.1. Varijanta 1 sistema odbrane od podzemnih voda
 - 5.1.2. Varijanta 2 sistema odbrane od podzemnih voda
 - 5.1.3. Varijanta 3 sistema odbrane od podzemnih voda
 - 5.2. Prikaz rezultata varijantnih hidrodinamičkih proračuna
6. Fazi optimizacija - izbor optimalnog sistema odbrane površinskog kopa „Buvač“ od podzemnih voda
 - 6.1. Faktori koji utiču na izbor sistema odbrane od podzemnih voda

- 6.2. Postupak ocenjivanja kriterijuma, podkriterijuma i alternativa
- 6.3. Postupak određivanja vektora težinskih prioriteta
- 6.4. Postupak primene principa agregacije
- 6.5. Formiranje fazi matrice odluke i fazi matrice performansi
- 6.6. Određivanje konačnih vrednosti ocena alternativa
- 6.7. Prikaz defazifikacije i rangiranja alternativa
- 6.8. Postupak proračuna ukupnog integrala korišćenjem optimizacionog indeksa
- 6.9. Prikaz određivanja optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda površinskog kopa „Buvač” korišćenjem „Fuzzy-GWCS” aplikacije

IV ZAKLJUČAK.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U prvom poglavlju prikazani su: predmet istraživanja doktorske disertacije, osnovni cilj doktorske disertacije, polazne hipoteze, naučne metode, područje istraživanja, očekivani naučni doprinos i struktura doktorske disertacije.

Drugo poglavlje doktorske disertacije obuhvata prikaz naučnih metoda koje su korišćene u doktorskoj disertaciji: metoda hidrodinamičke analize režima podzemnih voda i metoda fazi logike sa fazi krigingom i fazi optimizacijom. Pored toga, ovo poglavlje obuhvata i teorijsku podlogu vezanu za karakteristike sistema odbrane od podzemnih voda. Generalno, drugo poglavlje se sastoji iz tri celine:

1. Sistemi odbrane od podzemnih voda;
2. Hidrodinamička analiza režima podzemnih voda;
3. Primena fazi logike u hidrogeologiji.

Treće poglavlje doktorske disertacije obuhvata primenu naučnih metoda na odabranom primeru iz inženjerske prakse. U cilju razvoja metodologije povodom rešavanja problema vezanih za odbranu od podzemnih voda, istraživanjima je bio obuhvaćen teren limonitskog rudnog ležišta „Buvač“, koji se nalazi u Bosni i Hercegovini. Istražni teren predstavlja praktični primer primene metode hidrodinamičke analize - modeliranja režima podzemnih voda, kao i fazi logike - fazi kriginga i fazi optimizacije. Primenom fazi kriginga procenjena su polja vrednosti koeficijenta filtracije koji su uneti u hidrodinamički model, dok su metodom hidrodinamičkog modeliranja definisani sistemi odbrane od podzemnih voda i njihove karakteristike, a zatim je primenom metode fazi optimizacije analizom i ocenom različitih kriterijuma, podkriterijuma i alternativa utvrđen optimalan sistem odbrane od podzemnih voda.

Četvrto poglavlje doktorske disertacije čini sistematizacija primenjenog interdisciplinarnog pristupa u doktorskoj disertaciji koji povezuje hidrogeologiju i hidrodinamiku sa fazi optimizacijom, odnosno, hidrogeologiju i hidrodinamiku sa matematikom, logikom i višekriterijumskim odlučivanjem, a kojim je dat doprinos u vidu kvalitetnog algoritma za održivo upravljanje problematikom odvodnjavanja na područjima i na objektima ugroženim od podzemnih voda.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Doktorska disertacija „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ doktoranda Dragoljuba Bajića, ima savremen pristup problematici istraživanja u naučnoj oblasti geo-nauka i predstavlja originalno naučno delo. Tokom izrade ove doktorske disertacije primenjene su savremene metode koje se koriste u hidrogeologiji (metoda hidrodinamičkog modeliranja), geostatistici (fazi kriging), i u procesu odlučivanja (fazi optimizacija). Sve navedene metode predstavljaju jedan celovit sistem, predstavljen jedinstvenim algoritmom koji je proizašao tokom izrade doktorske disertacije, sa naglašenim interdisciplinarnim pristupom kod rešavanja zaštite područja (urbanog, poljoprivrednog, industrijskog, rudničkog) od podzemnih voda. S obzirom na povezivanje hidrogeologije i hidrodinamike sa fazi logikom (baziranoj na matematici i psihologiji), zatim hidrogeologije i hidrodinamike sa višekriterijumskom optimizacijom (fazi optimizacijom) i sa odlučivanjem, ovako izrazit multidisciplinarni karakter doktorske disertacije može se smatrati jednim od njenih najvažnijih originalnih aspekata. Ovakav integrisani pristup rešavanja problema odbrane područja i objekata od podzemnih voda, prvi put je primenjen na našim prostorima, verifikovan na izabranom primeru i ima izražen praktičan značaj u rešavanju predmetne problematike.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade doktorske disertacije detaljno su pregledani i korišćeni literaturni izvori što je rezultiralo spiskom od 256 navedenih publikacija. Pregled literature studiozno je realizovan i na osnovu njega moguće je sagledati aktuelno stanje u oblastima koje su bile predmet doktorske disertacije. Spisak literature sadrži i naučne radove u čijoj izradi je učestvovao i sam doktorand, a koji su na određeni način verifikovali primenjene naučne metode u disertaciji kod međunarodne i domaće naučne i stručne javnosti.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U okviru primenjenih naučnih metoda u izradi doktorske disertacije dve metode se posebno izdvajaju: numeričke metode konačnih razlika u okviru hidrodinamičkog modeliranja režima podzemnih voda, i metode fazi logike, kroz primenu fazi kriginga i fazi optimizacije (metode fazi analitičko hijerarhijskog procesa).

U doktorskoj disertaciji primenjena je savremena metoda hidrodinamičkih proračuna, bazirana na numeričkom rešavanju sistema parcijalnih diferencijalnih jednačina trodimenzionalnog kretanja podzemnih voda. Izrađenim hidrodinamičkim modelom režima podzemnih voda moguće je determinisati parametre porozne sredine (strujne oblasti) i elemente režima podzemnih voda, koji se drugim metodama ne mogu ili se veoma teško mogu odrediti.

Za razliku od dosadašnjeg pristupa kod izrade hidrodinamičkih modela gde su se kao karakteristični ulazni podaci parametara vodonosne sredine koristile vrednosti koeficijenta filtracije koje su u model unošene kao homogeno raspoređene zone, u doktorskoj disertaciji su vrednosti koeficijenata filtracije unutar određenih zona određivane primenom fazi logike i geostatističke metode interpolacije - kriginga. Fazi kriging predstavlja modifikaciju konvencionalne kriging tehnike, koja koristi tačne (merene) podatke, kao i neprecizne procene podataka dobijene od strane eksperta, a za rukovanje nepreciznim i neizvesnim procenama primenjen je pristup fazi logike.

U savremenom pristupu prilikom izrade hidrodinamičkih modela prisutan je tzv. kvazi trodimenzionalan pristup, po kom se hidrogeološka sredina deli na više slojeva prema prisutnom

geološkom sklopu terena obuhvaćenog modelom, a svaki od izdvojenih slojeva se karakteriše određenim brojem matrica različitih parametara modela. Za svaki modelski sloj pravi se odgovarajuća matrica vrednosti koeficijenata filtracije koja najšeeće sadrži više zona sa različitim vredostima ovog parametra.

Zbog nedostatka dovoljnog broja merenja, jedan od načina poboljšanja kvaliteta interpolacije vrednosti koeficijenta filtracije između punktualnih vrednosti omogućava se u izražavanju „znanja“ u obliku subjektivnih procena ovog hidrogeološkog parametra na mestima gde su podaci oskudni. Primena ovakvog metodskog postupka i utvrđivanje vrednosti koeficijenata filtracije u modelu izvršeno je primenom fazi logike i geostatističke metode kriginga. U doktorskoj disertaciji su analizirana oba slučaja unosa vrednosti koeficijenta filtracije: koeficijent filtracije unet kao homogeno raspoređene zone i koeficijent filtracije uvezen na osnovu rezultata dobijenih metodom fazi kriginga. Kalibracija hidrodinamičkog modela je obavljena za oba slučaja unosa vrednosti koeficijenta filtracije, a dobijeni rezultati su pokazali manju „grešku“ prilikom unosa vrednosti ovog parametra utvrđenim metodom fazi kriginga, u čemu se i ogleđaju prednosti i doprinos korišćenja ove metode u hidrogeologiji i hidrodinamici.

Nakon etaloniranja modela, sledi proces „eksploatacije“ modela, odnosno izvođenje prognoznih varijantnih proračuna, u ovom slučaju, efekata rada različitih sistema za zaštitu od podzemnih voda. Na osnovu prognoznih varijantnih proračuna (scenarija ili alternativa) izvedena i optimizacija sistema za odbranu od podzemnih voda. Uzimajući u obzir niz mogućih ili povoljnih scenarija, donesena je odluka o izboru najbolje varijante, koja u stvari predstavlja optimalno rešenje i kompromis između želje (kriterijuma) i mogućnosti (ograničenja). Kako bi se odredila optimalna varijanta, primenjen je princip fazi logike i višekriterijumske optimizacije - metode fazi analitičko hijerarhijskog procesa.

U pogledu postavljanja prioriteta i donošenja najbolje odluke, podrazumevajući kvalitativne i kvantitativne pokazatelje, metoda fazi analitičko hijerarhijskog procesa (FAHP) se pokazala kao veoma moćna i fleksibilna metoda. Opšte je poznato da je u mnogim slučajevima određeni broj elemenata kod izrade modela za donošenje odluka neizvestan, pa donosioci odluka nisu u mogućnosti da odrede tačne numeričke vrednosti za poređenje odluka. Kako bi postali rešivi ovakvi problemi, specifični po nedovoljno izvesnim, neodređenim ili subjektivno procenjenim parametrima, potrebno je koristiti matematičke metode koje mogu na zadovoljavajući način da tretiraju neizvesnost, neodređenost ili subjektivnost. Ovako posmatrano, fazi logika se pokazuje kao naučno zasnovan pristup, koji koristi iskustvo i intuiciju stručnjaka, a predstavlja i upravljačku metodu. Metoda FAHP predstavlja jednu od novijih metoda, korišćenih poslednjih godina u procesu višekriterijumskog odlučivanja kod kompleksnih problema. Širok spektar primene FAHP metode, kao npr. u odlučivanju, evaluaciji, alokaciji resursa, planiranju i razvoju, industriji, inženjerstvu, politici, obrazovanju, pokazuje da je ona danas jedna od često primenjivanih metoda višekriterijumske optimizacije. Optimizacija na osnovu jednog tehničkog, ekonomskog ili ekološkog kriterijuma, koji su i ovde korišćeni, obuhvata samo jedan deo problema, a kako bi bio obuhvaćen što veći broj komponenti, u analizi rešenja uključeni su i njihovi podkriterijumi.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Uspešno uspostavljen algoritam prilikom rešavanja problematike odbrane od podzemnih voda, osim na prikazanom izuzetno kompleksnom primeru, moguće je primeniti i prilikom rešavanja sličnih ili istoventih problema vezanih za zaštitu od podzemnih voda (urbana, poljoprivredna i industrijska područja ili zaštita hidrotehničkih objekata). Takođe, tokom izrade doktorske disertacije, razvijena je i namenska aplikacija „Fuzzy-GWCS“, kojom se obimni proračuni prema metodi fazi optimizacije olakšavaju i koja se može primeniti i za slične probleme kod ocenjivanja faktora i proračuna optimalnog rešenja sistema odbrane od podzemnih voda. Pored navedenog, moguće je

primeniti i izdvojene delove, kao npr. fazi logiku i kriging u široko primenjivanom hidrodinamičkom modeliranju, kao i fazi optimizaciju prilikom rešavanja procesa odlučivanja, kako u geološkim naukama tako i u drugim naučnim oblastima.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat, Dragoljub Bajić, dipl. ing. geologije, je tokom izrade disertacije u potpunosti ovladao metodologijom naučno-istraživačkog rada. Sposoban je za samostalni naučni rad što je pokazao realizacijom planiranog istraživanja od početne ideje do završetka doktorske disertacije, kao i objavljivanjem preko trideset naučnih radova. Pored toga, kao matičan za užu naučnu oblast vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda, na „7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment systems“ bio je kopredsedavajući na sesiji “Water resources”, a na „8th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment systems“ bio je kopredsedavajući na sesiji „Water treatment I“.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Primenom naučnih metoda u rešavanju problema opisanih u prethodnom delu teksta očekuje se bitan napredak i postizanje sistematičnosti naučnog saznanja u oblasti hidrogeologije, s obzirom na to da je metoda fazi logike relativno nova i da se tek širi njena primena u svim oblastima. Izrada doktorske disertacije predstavlja doprinos u uvođenju fazi pristupa u hidrogeologiji, u prvom slučaju prilikom tretiranja nepreciznosti i neizvesnosti kod unosa vrednosti i distribucije hidrogeoloških parametara u model, a u drugom slučaju, kod donošenja odluke o optimalnom sistemu odbrane od podzemnih voda. Zaključuje se da su specifični ostvareni naučni doprinosi u okviru sprovedenih istraživanja sledeći:

- tretiranje vrednosti koeficijenta filtracije kao ulaznog parametra u hidrodinamičkom modelu metodom fazi logike i geostatističke metode kriginga (fazi kriginga), se pokazao kao kvalitativno bolji postupak u odnosu na primenu homogeno raspoređenih zona koeficijenta filtracije; ovakav postupak predstavlja doprinos u primeni fazi logike u hidrogeologiji i omogućava bolju simulaciju prirodnih uslova na modelu što za posledicu ima pouzdanije prognoze koje se dobijaju „eksploatacijom“ hidrodinamičkog modela;
- kompleksnim hidrodinamičkim modelom analizirani su različiti scenariji za odbranu od podzemnih voda kroz simulaciju efekata rada različitih sistema odbrane od podzemnih voda u dužem vremenskom periodu pri čemu su sagledane karakteristike simuliranih sistema, broj drenažnih objekata i njihov raspored, potrebno vreme za maksimalne efekte snižavanja nivoa podzemnih voda i efekti rada sistema u funkciji obaranja pijezometarskih nivoa, što predstavlja uspostavljanje algoritma prilikom rešavanja navedenih problema;
- metodom fazi analitičko hijerarhijskog procesa (višekriterijumska optimizacija) izvršeni su proračuni za dobijanje optimalnog rešenja sistema za odbranu od podzemnih voda od alternativa ponuđenih hidrodinamičkim modelom; ovim putem je u hidrogeologiji implementirana fazi optimizacija, tj. metoda fazi analitičko hijerarhijskog procesa, koja daje mogućnost donošenja rešenja problema u uslovima u kojima treba uvažiti postojanje više rešenja, najčešće suprostavljenih kriterijuma, pri čemu je to rešenje predstavljeno izborom jedne od niza alternativa.
- s obzirom na to da se u dosadašnjoj praksi rešenje biralo uzimanjem u obzir samo ekonomskih faktora koji, međutim, ne predstavljaju jedini kriterijum prilikom izbora optimalne varijante odbrane od podzemnih voda, u doktorskoj disertaciji su analizirani i ocenjivani i drugi kriterijumi i njihovi podkriterijumi: tehnički kriterijumi (vreme, prilagođenost hidrogeološkim uslovima, efikasnost, fleksibilnost i pouzdanost), ekonomski

kriterijumi (investicioni troškovi, troškovi funkcionisanja sistema i troškovi održavanja) i kriterijumi uticaja na životnu sredinu (opadanje nivoa podzemnih voda, kvalitet i količina iscrpljenih voda i štednja energije). Primenjeni kriterijumi i njihovi podkriterijumi su univerzalni kod izbora optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Kako se celokupno istraživanje razmatrano u tezi odnosi na tehničku oblast, koja se u svetu tokom poslednje decenije razvija velikom brzinom, očekuje se da će ovaj rad motivisati dalja istraživanja koja se tiču odbrane od podzemnih voda za u različitim slučajevima. Sprovedeno istraživanje ukazuje na neophodnost interdisciplinarnog pristupa kod problema zaštite od podzemnih voda, odnosno neophodnost povezivanja hidrogeologije i hidrodinamike sa fazi logikom, baziranoj na matematici i psihologiji, i povezivanja hidrogeologije i hidrodinamike sa višekriterijumskom optimizacijom (fazi optimizacijom) uz donošenje upravljačke odluke. Ovakvim pristupom, razvijen je kompleksan interdisciplinarni algoritam koji doprinosi kvalitetnom i održivom upravljanju problematikom odbrane od podzemnih voda na ugroženim područjima ili objektima.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Naučni doprinos doktorske disertacije „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ kandidata Dragoljuba Bajića verifikovan je sledećim publikacijama koje su rezultat primenjenih naučnih metoda u istraživanjima u toku izrade doktorske disertacije:

M21 - Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

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*, 21 (7): 1519-1530. DOI: 10.1007/s10040-013-1025-9 (IF: 1.966) (ISSN: 1431-2174; ISSN: 1435-0157)

M23 - Rad u međunarodnom časopisu

Polomčić D. & **Bajić D.** (2015). Application of Groundwater modeling for designing a dewatering system: Case study of the Buvač Open Cast Mine, Bosnia and Herzegovina. *Geologia Croatica*, 68(2): 123-137. DOI: 10.4154/gc.2015.07 (IF: 0.702) (ISSN: 1333-4875)

M24 - Rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom

Bajić D. & Polomčić D. (2014). Fuzzy optimization in hydrodynamic analysis of groundwater control systems: Case study of the pumping station “Bezdan 1”, Serbia. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 75: 103-110. DOI: 10.2298/GABP1475103B (ISSN: 0350-0608)

M33 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

Bajić D. & Polomčić D. (2008). 3D Hydrogeological model of the limonite ore body “Buvač” (Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina). *Proceedings of the IV International Conference “Coal 2008”*. Belgrade, Serbia, 15-18 October, 2008; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 1-9

Polomčić D. & **Bajić D.** (2011). 3D Hydrodynamic model of open pit mine "Polje E" (Kolubara coal basin). Proceedings of the V International Conference "Coal 2011", Zlatibor, Serbia, 19-22 October, 2011; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 320-330

Bajić D. & Polomčić D. (2012). A conceptual hydrogeological model for open pit mine „Polje E“ (Kolubara coal basin, Serbia). Proceedings of the GIS Ostrava 2012 - Surface models for geosciences symposium, Ostrava, Czech Republic, 23-25 January, 2012; Růžička J. and Růžičková K, Eds.; Vysoká škola báňská - Technical University of Ostrava: Ostrava; pp. 1-12

Polomčić D., **Bajić D.** & Ristić-Vakanjac V. (2012). Groundwater balance, natural recharge and drainage zones at open pit mine „Polje E“ of Kolubara Coal Basin (Republic of Serbia). CD Proceedings of the 7th Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Ohrid, Republic of Macedonia, 01-07 July, 2012; Ban M., Duić N., Guzović Z., Klemeš J. J., Markovska N., Schneider D. R. and Varbanov P., Eds.; Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture: Zagreb, 2012; ID No. SDEWES2012_FP_80

Polomčić D., **Bajić D.**, Matić I. & Zarić J. (2013). Hydrodynamic characteristics of water supply source of Kikinda (Serbia). Digital Proceedings of the the 8th Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Dubrovnik, Croatia, 22-27 September, 2013; Ban M., Duić N., Guzović Z., Klemeš J. J., Markovska N., Schneider D. R. and Varbanov P., Eds.; Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture: Zagreb; SDEWES13_FP_482., pp. 1-14

Polomčić D., Pavlović V., **Bajić D.** & Šubaranović T. (2013). Multiannual effects of Peštan source operation in the function of predewatering the future Kolubara basin opencast mines. Proceedings of the VI International Conference "Coal 2013", Zlatibor, Serbia, 02-05 October, 2013; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 259-266

Bajić D., Polomčić D. & Jemcov I. (2014). The purpose of fuzzy logic in hydrogeological practice. Proceedings of the XVI Serbian Geological Congress, Donji Milanovac, Serbia, 22-25 May 2014; Cvetković V., Eds.; Serbian Geological Society: Belgrade, Serbia, 2014; pp. 424-429

Polomčić D., **Bajić D.** & Ilić Z. (2014). Implementation of alternative forecasting hydrodynamic during designing of mines defense system against groundwater on opencast mine field C example. Proceedings of the 11th International Opencast Mining Conference, Zlatibor, Serbia, 15-18 October 2014; Pavlović V., Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 321-338

Bajić D., Polomčić D. & Močević J. (2015). Factors that influence the selection of an optimal groundwater protection system at open-pit mines. Proceedings of the VII International Conference "Coal 2015", Zlatibor, Serbia, 14-17 October, 2015; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 9-16. ISBN: 978-86-83497-22-5

M51 - Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja

Polomčić D., **Bajić D.** & Krunić O. (2014). Hidrodinamička analiza interakcije dva izvorišta u radu na primeru vodosnabdevanja Bečeja (Hydrodynamic analysis of the interaction of two operating groundwater source, case study: groundwater supply of Bečej). Tehnika, 69(4): 597-603

Polomčić D. & **Bajić D.** (2014). Primena hidrodinamičkih prognoznih proračuna na primeru crpne stanice „Bezdan 1“ (Application of the hydrodynamic predictive modeling on the example of the pumping station „Bezdan 1“). Tehnika, 69(6): 956-962

M52 - Rad u časopisu nacionalnog značaja

Polomčić D., **Bajić D.**, Papić P. & Stojković J. (2013). Hydrodynamic model of the open-pit mine "Buvač" (Republic of Srpska). Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 1(3): 260-271. DOI: 10.13044/j.sdewes.2013.01.0019 (ISSN 1848-9257)

Polomčić D., **Bajić D.**, Ristić-Vakanjac V., Čokorilo M., Drašković D. & Špadijer S. (2013). Hidrodinamičke karakteristike izvorišta „Peštan“ za vodosnabdevanje Lazarevca. Vodoprivreda, 261-263: 55-68

Polomčić D., **Bajić D.** & Zarić J. (2015). Determining the Groundwater Balance and Radius of Influence Using Hydrodynamic Modeling: Case Study of the Groundwater Source Šumice in Serbia. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 3(3): 217-229. DOI: 10.13044/j.sdewes.2015.03.0017 (ISSN 1848-9257)

M53 - Rad u naučnom časopisu

Bajić D., Polomčić D., Ristić-Vakanjac V. & Čokorilo M. (2013). Groundwater balance at open pit mine „Buvač“ (Republic of Srpska). Zapisnici Srpskog Geološkog Društva, pp. 69-80

Polomčić D., **Bajić D.**, Ristić-Vakanjac V. & Čokorilo Ilić M. (2014). Automatic calibration of hydrodynamic models using PEST program. Zapisnici Srpskog Geološkog Društva, pp.13-27

Polomčić D., **Bajić D.** & Čokorilo Ilić M. (2014). Modflow at the crossroad, Zapisnici Srpskog Geološkog Društva, pp. 173-186

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Kandidat Dragoljub Bajić, dipl. ing. geologije zaposlen je na Departmanu za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta sa zvanjem istraživač saradnik. U periodu od upisa na doktorske akademske studije do danas objavio je ukupno 33 rada koji su prošli naučnu verifikaciju, od kojih se 20 radova odnosi na uvođenje i primenu naučnih metoda predstavljenih u doktorskoj disertaciji, pri čemu su dva rada publikovana u naučnim časopisima međunarodnog značaja (kategorije „M21“ i „M23“).

Doktorska disertacija kandidata Dragoljuba Bajića pod nazivom „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ predstavlja savremen pristup problematici istraživanja u naučnoj oblasti „geo-nauka“, odnosno užoj oblasti „vodosnabdevanje i menadžment podzemnih voda“ i predstavlja originalno naučno delo. Na osnovu prikazanih rezultata i njihove analize, može se konstatovati da je kandidat ostvario u potpunosti ciljeve i hipoteze koji su postavljeni u doktorskoj disertaciji.

U izradi doktorske disertacije, kandidat je primenio savremene metode koje se koriste u hidrogeologiji kao što je metoda hidrodinamičkog modeliranja, zatim u geostatistici - fazi kriging i u procesu odlučivanja - fazi optimizacija.

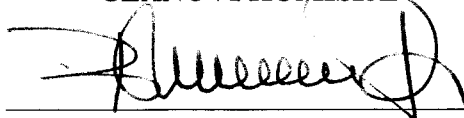
Sve navedene metode predstavljene su u vidu jedinstvenog algoritma, koji naglašava neophodnost interdisciplinarnog pristupa prilikom rešavanja problema odbrane područja i objekata od podzemnih voda. Izrađena doktorska disertacija predstavlja doprinos u uvođenju fazi pristupa u hidrogeologiji, kako prilikom tretiranja nepreciznosti i neizvesnosti kod unosa vrednosti i distribucije hidrogeoloških parametara u modele, tako i kod donošenja odluke o optimalnom sistemu odbrane od podzemnih voda. Primenjeni kriterijumi i njihovi podkriterijumi u disertaciji imaju univerzalni

karakteri kod izbora optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda. Takođe, treba naglasiti da je primenjeni integrisani pristup rešavanja problema odbrane područja i objekata od podzemnih voda, predstavljen u doktorskoj disertaciji, prvi put primenjen na našim prostorima, a da su izvedene optimizacije potpomognute namenski izrađenom aplikacijom čiji je autor doktorand Dragoljub Bajić.

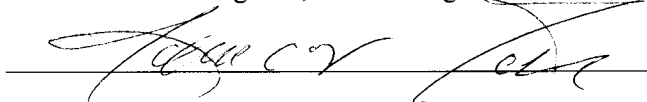
Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije zaključuje da je urađena doktorska disertacija kandidata Dragoljuba Bajića napisana prema svim standardima o naučno-istraživačkom radu, kao i da ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Standardima za akreditaciju, Statutom Rudarsko-geološkog fakulteta i kriterijumima koje je propisao Univerzitet u Beogradu.

Na osnovu iznesenih činjenica, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da se doktorska disertacija kandidata Dragoljuba Bajića, dipl. ing. geologije, pod nazivom „Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda“ prihvati kao uspešno završena doktorska disertacija i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, a da se nakon toga kandidat pozove na usmenu javnu odbranu pred istom Komisijom.

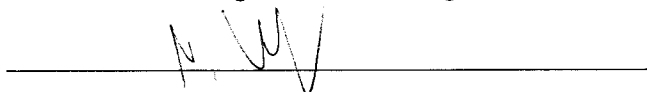
ČLANOVI KOMISIJE



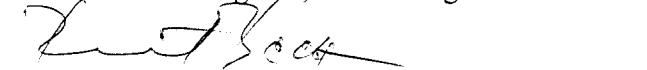
Dr Dušan Polomčić, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet



Dr Igor Jemcov, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet



Dr Veselin Dragišić, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet



Dr Vesna Ristić Vakanjac, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet



Dr Tina Dašić, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Građevinski fakultet