

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

Odlukom Nastavno - naučnog veća Rudarsko-Geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, br. 1/181, donetoj na sednici održanoj 18. septembra 2008. godine, imenovani smo u Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata **Mr Igora Jemcova**, dipl. inženjera geologije, pod nazivom "**Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije**".

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

I Z V E Š T A J

Doktorska disertacija kandidata Mr Igora Jemcova, dipl. inženjera geologije pod nazivom "**Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije**" napisana je na 396 strana formata A4, u okviru kojih je dato 320 slika i 111 tabela. Spisak literature sadrži ukupno 226 korišćenih bibliografskih jedinica. Disertacija je podeljena u 13 poglavlja, a pored navedenog sadrži još 7 većih grafičkih priloga – geoloških i hidrogeoloških karata pojedinih područja koja su bila predmet posebne analize. Priložen je i abstrakt rada na srpskom i engleskom jeziku.

1. BIOGRAFSKI PODACI O KANDIDATU

Igor Jemcov je rođen 01.07.1967. u Bajinoj Bašti. Po završetku osnovne i srednje škole, 1987. upisuje studije na Rudarsko-Geološkom fakultetu u Beogradu na Smeru za hidrogeologiju, gde je diplomirao 1993. Od 1994-1996, radi na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu na Katedri za hidrogeologiju, prvo kao mladi talenat za naučno istraživački rad, a kasnije od 1997. kao stručni saradnik.

Poslediplomske studije završava na Rudarsko-geološkom fakultetu na smeru "Iskorišćavanje i zaštita podzemnih voda" i brani magistarski rad 24.03.2000. sa temom "Mogućnosti dugoročnog vodosnabdevanja podzemnim vodama gradova centralnog Pomoravlja". Time stiče zvanje Magistra tehničkih nauka u oblasti geologije - hidrogeologija.

Po odbrani magistarske teze, tokom 2000-te god. biva izabran i radi kao asistent za nastavne predmete na Institutu za hidrogeologiju „Metodika hidrogeoloških istraživanja“ i „Hidrogeološka istraživanja za vodosnabdevanje“. U ovo zvanje je ponovno izabran 2004 god i nakon toga još jednom septembra meseca 2008 god. Marta meseca 2004 godine odobrena mu je izrada doktorske disertacije na temu "Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije" koja je predmet ovog izveštaja.

Oblast naučnog i stručnog rada Mr Igor Jemcova je hidrogeologija uopšte i u okviru nje kao glavna specijalizacija karst, kao i bilansiranje i korišćenje karstnih izdanskih voda u vodosnabdevanju, kojom se bavio u svojoj magistarskoj tezi, a takodje i u samoj doktorskoj disertaciji.

Do danas je izradio kao autor ili koautor 46 naučnih i stručnih radova, publikovanih u domaćim i inostranim stručnim časopisima ili zbornicima radova sa naučnih skupova. Od ukupnog broja radova 2 su u časopisima sa SCI liste. Učestvovao je do sada na više domaćih i međunarodnih stručnih skupova. U inostranstvu je na skupovima izložio i publikovao skoro polovinu svog opusa, ukupno 21 autorski ili koautorski rad.

Igor Jemcov je bio sekretar značajne međunarodne konferencije KARST 2005 održane pod pokriviteljstvom UNESCO i IAH, kao i organizator i učesnik UNESCO workshopa vezanog za problematiku karsta - DIKTAS - Dinaric karst transboundary aquifers (Beograd, 2006).

Igor Jemcov je član sledećih organizacija i udruženja:

- Internacionalna asocijacija hidrogeologa (IAH) - član Nacionalnog komiteta Srbije
- Srpsko geološko društvo - Sekretar društva i član Uprave SGD 2006-2008.
- Internacionalna asocijacija hidroloških nauka (IAHS)
- Odbor za Kras i speleologiju SANU

Učestvovao je u realizaciji većeg broja studija, projekata i stručnih elaborata, od kojih poseban značaj imaju:

- UN UNEP UNOPS CO2 YUGR-71-006 Projekat remedijacionih i osmatračkih bunara na području rafinerije NIS Naftagas Novi Sad. 2001
- Bilateralni projekat Srbije i Republike Slovenije: Dugoročno gazdovanje izdanima u slivu reke Save u okviru progama naučno-tehnološke saradnje. 2004-2006.
- Projekat izrade osnovne hidrogeološke karte Jugoslavije 1:100.000 list Boljevac. Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine. 1994-2005
- Snabdevanje naselja vodom i zaštita kvaliteta podzemnih voda u dolini Velike Morave. 2004-2007. Ministarstvo nauke i Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije.

Dobitnik je nagrade "Milan Milićević" za najbolji istraživački rad u oblasti geologije za 2000 godinu.

2. PREDMET DOKTORSKE DISERTACIJE

U našoj zemlji, kao i na skoro 30% svetske kopnene teritorije, vodni resursi u karstnim terenima značajni su izvor snabdevanja stanovništva pitkom vodom. U pojedinim zemljama predstavljaju ujedno i osnovni ili jedini vodni resurs. U našoj zemlji od ukupnih podzemnih voda koje se koriste za vodosnabdevanje stanovništva, karstne vode su zastupljene sa oko 30%. Sa gledišta kvaliteta voda to su uglavnom vode visokog kvaliteta koje ne zahtevaju značajna sredstva za njihovu doradu (uglavnom je prisutno elementarno hlorisanje). S druge strane, sa gledišta izučenosti režima i kvantiteta to su najmanje istraženi vodni resursi u poređenju sa drugim (površinskim vodama ili podzemnim vodama drugih izdani). Hidrometeorološki zavod Republike Srbije, kao služba zadužena za praćenje i merenje vodnog potencijala, ima dovoljno

gustu mrežu za osmatranje i merenje površinskih voda, nedovoljno rasprostranjenu mrežu za praćenje režima podzemnih voda u aluvionima većih vodotoka, ali se kontroli isticanja iz karstnih vrela skoro uopšte ne poklanja pažnja. Tako se režim karstnih voda prati samo sporadično. Podaci pojedinih namenskih regionalnih studija, projekti otvaranja ili proširenja izvorišta ili doktorske teze i magistarski radovi, uglavnom su podloge na kojima vodoprivreda u Srbiji bazira ocene raspoloživosti i zaštite ovog veoma značajnog vodnog potencijala.

Kandidat Igor Jemcov se od početka svoje istraživačke karijere bavio pitanjima bilansa i korišćenja voda u karstu. To je opredelilo sadržaj njegove uspešno odbranjene magistarske disertacije, i takođe opredelilo predmet rada na doktorskoj disertaciji.

Predmet disertacije u najvećoj meri predstavljaju metodologija i analiza bilansa karstnih izdanskih voda na odabranim slivovima, koji treba da omoguće ocenu raspoloživosti vodnih resursa i opredele adekvatan izbor tehničkog rešenja njihovog korišćenja u vodosnabdevanju. Neophodan preduslov optimalnog korišćenja karstnih izdanskih voda predstavlja poznavanje elemenata režima i bilansa. Kao prvi korak u upoznavanju sistema vrši se geometrizacija tj. definisanje sliva i pripadajućih podslivova i karakterizacija karstnog hidrogeološkog sistema. Ovaj postupak, kao i samo bilansiranje još uvek u svetskoj nauci nije dovoljno metodološki razvijen, pre svega zbog izuzetne složenosti karstnih hidrogeoloških sistema (anizotropnost i nehomogenost).

Utvrđivanjem osnovnih elemenata režima karstnih hidrogeoloških sistema, kao i njihovom ocenom u prirodnim uslovima i analizom u potencijalnim eksploatacionim uslovima, stvaraju se uslovi za ocenu niza mogućih tehničkih rešenja koja se mogu primeniti na razmatranim izvorištima. Kvantitativnom analizom karstnog hidrogeološkog sistema moguće je bliže definisati način funkcionisanja karstne izdani što jasnije opredeljuje varijantu mogućeg tehničkog rešenja vodozahvata.

Upravo ovi se aspekti u najvećoj meri razmatraju u doktorskoj disertaciji. Kroz sam rad Igor Jemcov pruža veliki doprinos oblasti bilansiranja i ocena realno raspoloživih resursa za vodosnabdevanje što je dakle osnovni preduslov za njihovo racionalno iskorišćavanje i upravljanje, kako u neporemećenim uslovima režima, tako i u eksploatacionim (poremećenim) uslovima.

3. SADRŽAJ DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija sastoji se od Uvoda, 13 osnovnih poglavlja teksta i Zaključka.

U uvodnom delu I.Jemcov kratko navodi razloge za izradu disertacije sa ovom tematikom i predmet rada.

U delu 1. KARST I KARSTNA IZDAN autor daje osnovne podatke o karstu kao prirodnoj pojavi i specifičnom fenomenu. Navodi neke od poznatih definicija karsta, procesa karstifikacije i karstne izdani. U nastavku razmatra zonu epikarsta koja kao nesaturisani, najviši deo karstne izdani, značajno utiče na bilans voda pre svega u domenu efektivne infiltracije i intenziteta prihranjivanja.

Drugo poglavlje KARSTNI HIDROGEOLOŠKI SISTEM sadrži opis osnovnih karakteristika i elemenata jednog karstnog hidrogeološkog sistema. Osnovni elementi sistema svode se na tri komponente: **ulaz** (padavine, temperature vazduha, vlažnost vazduha, napon vodene pare, evapotranspiracija, ...), **dogadjaji u sistemu** (veze padavine - isticanje) i **izlaz** (isticanje iz karstnog vrela). Autor i u ovom delu razmatra epikarst kao deo hidrogeološkog sistema i daje tzv. konceptualni model karstnog hidrogeološkog sistema prema najčešće korišćenim klasifikacijama i definicijama (Bakalowicz, Zwhalen, Mangin, Klimchouk i dr.). Ističe i tri pristupa u postavljanju konceptualnog modela (metodološki, strukturni i funkcioni) i svaki posebno obrazlaže.

Treće poglavlje posvećeno je kratkom osvrtu na RASPROSTRANJENJE KARSTA U SVETU, NAŠOJ ZEMLJI I PERSPEKTIVAMA KORIŠĆENJA KARSTNIH IZDANSKIH VODA.

Naredno poglavlje razmatra VODOZAHVATE U KARSTU U CILJU UPRAVLJANJA REŽIMOM ESKPLOATACIJE KARSTNIH IZDANSKIH VODA. Daju se osnovni tipovi vodozahvata, primeri regulacije i osnov upravljanja resursima. Ovaj pregled je neophodan kao podloga za predloge mogućih tehničkih rešenja koja treba da proizadju kao rezultat modeliranja i prognoza režima izdani u različitim uslovima, kojima se bave naredna poglavlja disertacije. Navode se neki konkretni primeri vodozahvata u karstu iz svetske i domaće prakse, kao i neki negativni aspekti eksploatacije karstne izdani u uslovima primenjenih regulacionih mera.

IZBOR REPREZENTATIVNIH KARSTNIH IZVORIŠTA ZA ANALIZU BILANSA je kratko poglavlje u kome se daju kriterijumi po kojima je izvršen izbor reprezentativnih izvorišta za analizu (raspoloživost podataka, hidrogeološki uslovi, potencijalnost) i njihove osnovne karakteristike (Nemanja kod Čuprije, Sveta Petka kod Paraćina, Krupac kod Bele Palanke i Perućac kod Bajine Bašte).

Šesto poglavlje razmatra KARAKTERISTIKE IZABRANIH REPREZENTATIVNIH IZVORIŠTA. Za svako od navedenih odabranih izvorišta prikazani su posebno: Klimatske karakteristike na području izvorišta; Hidrografske i hidrološke karakteristike; Vegetacioni pokrivač; Pedološke karakteristike; Geološka građa terena; Geomorfološke karakteristike; i na kraju Hidrogeološke karakteristike.

Poglavlje KVANITATIVNO ODREĐIVANJE KARSTNOG HIDROGEOLOŠKOG SISTEMA (KHS) predstavlja prikaz teorijskih postulata na kojima se bazira karakterizacija KHS. Pri tom se razmatraju različiti metodološki postupci analize hidrograma na osnovu kojih se inverznim postupkom ocenjuje karakter karstne hidrogeološke sredine. Autor posebno razmatra sledeće postupke: Recesiona analiza; Analiza baznog oticaja; Analiza vremenskih serija: autokorelaciona i spektralna (Fourier-ova) analiza; kroskorelaciona i krospektralna analiza.

Osmo po redu, poglavlje ELEMENTI BILANSA RAZMATRANIH KARSTNIH HIDROGEOLOŠKIH SISTEMA, veoma je značajno jer predstavlja sponu izmedju osnovnih teorijskih postavki opisanih u prethodnom poglavlju i konkretnih proračuna na odabranim lokalitetima. Ovde se razmatraju pojedini elementi bilansa, pojedini faktori koji utiču na bilansne elemente i njihova konkretna uloga u bilansu voda. Pored „klasičnih“ elemenata bilansa kao što su padavine ili evapotranspiracija, autor značajnu pažnju posvećuje i prostornoj raspodeli i korekciji merenja padavina, snegu i otapanju snežnog pokrivača, intercepciji i bilansu zemljišne

vlage. Ovi potonji elementi su veoma značajni za bilans voda, a njima u našoj praksi nije uvek posvećivana dovoljna pažnja.

Konkretna primena usvojene metodologije ocene i kvantifikacije pojedinih bilansih elemenata data je u poglavlju REZULTATI PRORAČUNA ELEMENATA BILANSA HIDROGEOLOŠKIH SISTEMA. Igor Jemcov vrši određivanje stvarnih vrednosti prispelih padavina na tlo, daje korekciju sistematskih grešaka izmerenih vrednosti padavina, vrši proračun intercepcije i otapanja snežnog pokrivača. Takodje, autor daje uporednu analiza izmerenih i stvarnih vrednosti padavina prispelih na tlo, proračun potencijalne evapotranspiracije, proračun stanja zemljišne vlage, stvarne evapotranspiracije i efektivne infiltracije u karstni hidrogeološki sistem. Na kraju ocenjena je i međuzavisnost ulazno izlaznih parametara bilansa - efektivne infiltracije i proticaja.

Poglavlje REZULTATI KVANTITATIVNOG ODREĐIVANJA RAZMATRANIH KARSTNIH IDROGEOLOŠKI SISTEMA obuhvata rezultate recesione analize hidrograma razmatranih karstnih vrela, a takodje dati su i rezultati analize baznog oticaja (rašćlanjavanjem hidrograma) i analize vremenskih serija (autokorelacione i kros-korelacione analize). Rezultati obimnih proračuna poslužili su kao osnova za SIMULACIJU IZDAŠNOSTI KARSTNOG HIDROGEOLOŠKOG SISTEMA koja predstavlja naredno poglavlje rada. Autor je uspostavio model izdašnosti razmatranih karstnih izvorišta koji omogućuje relativno pouzdanu simulaciju (posebno za recesionu granu hidrograma proticaja) i produžavanje nizova proticaja, što ima poseban praktičan značaj kod prognoza ponašanja hidrogeološke sredine za različite uslove, a pri nedovoljnom obimu ulaznih podataka.

ANALIZA STANJA ZAPREMINE KARSTNE AKUMULACIJE U PRIRODNIM I EKSPLOATAACIONIM USLOVIMA U CILJU IZBORA OPTIMALNOG REŠENJA VODOSNABDEVANJA je najznačajnije poglavlje disertacije i pruža podloge za ocenu raspoloživih rezervi, odnosno eksploatabilnih kapaciteta izvorišta. Razmatrani su posebno: A. proračun promene stanja zapremine karstne akumulacije u prirodnim uslovima i B. proračun promene stanja zapremine karstne akumulacije u simuliranim eksploataacionim uslovima. Za simulirane uslove usvojene su i razmatrane dve varijante: 1. Upravljanje režimom isticanja karstnih izdanskih voda bazirano na zahvatanju dela statičkih rezervi; 2. Upravljanje režimom isticanja karstnih izdanskih voda bazirano na povećanju dinamičkih rezervi. Na kraju razmatraju se različite simulacije upravljanja režimom izdanskih voda radi izbora načina optimalne eksploatacije.

U poslednjem poglavlju Igor Jemcov vrši ANALIZU MOGUĆIH REŠENJA VEŠTAČKOG UPRAVLJANJA REŽIMOM KARSTNIH IZDANSKIH VODA NA RAZMATRANIM IZVORIŠTIMA I IZBOR OPTIMALNOG REŠENJA. Ovo poglavlje razmatra različite varijante tehničkih rešenja upravljanja karstnim izdanskim vodama u okviru razmatranih izvorišta, kroz postupak višekriterijumske optimizacije na osnovu kojih će se predložiti okvir tehničkog rešenja zahvatanja karstnih izdanskih voda na svakom od četiri razmatrana izvorišta.

ZAKLJUČAK rada napisan na četiri stranice, daje jezgrovit pregled metodologije i bitnih rezultata do kojih je autor došao u svojim analizama.

4. REZULTATI DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Značajno rasprostranjenje karstnih terena u Srbiji (oko 30% prostora Dinarida u zapadnoj i Karpato – Balkanida u istočnoj Srbiji), velike rezerve i izuzetan kvalitet voda karstnih izdani, rezultirali su njihovim masovnim korišćenjem u vodovodnim sistemima (pr. Niš, Paraćin, Bor, Čuprija, Pirot, Valjevo, Priboj, Prijepolje, Novi Pazar, Peć, Novi Pazar). U Srbiji je u karstu formirano 64 izvorišta (bez kaptaža seoskih naselja), čiji je kapacitet preko 4,5 m³/s.

Dosadašnja hidrogeološka istraživanja karsta i karstnih vrela u našoj zemlji uglavnom su se bazirala na analizi postojećih rezultata osmatranja i merenja vodostaja i količina isteklih voda. Ove često nepouzdate podloge razultirale su u uslovima kaptiranja pojedinih vrela, sa problemima u pogledu minimalnih proticaja i obezbeđivanja dovoljnih količina voda za pojedinike korisnike. Radi sprečavanja raskoraka između realnih mogućnosti daljeg vodosnabdevanja pojedinih potrošača i problema koji se javljaju u sadašnjim uslovima (nedovoljne količine tokom letnjih i jesenjih meseci), u našoj naučnoj i stručnoj hidrogeološkoj javnosti već duži niz godina prisutan je stav da je potrebno preduzimanje mera radi povećanja kapaciteta postojećih izvorišta i otvaranja novih tamo gde za to postoje objektivni uslovi. Osnovni problem u korišćenju karstnih izdanskih voda je u činjenici da se u sadašnjim uslovima pretežno koriste samo kaptaže za zahvat prirodno isteklih količina voda, pa se tokom perioda recesije (leto-jesen) oseća deficit (što je posledica izrazito neravnomernog režima isticanja ove izdani). S druge strane, ukupne rezerve daleko prevazilaze eksploatacione kapacitete. Tokom poslednje dve decenije već su primenjena određena rešenja regulacije i stečena značajna iskustva za dalje aktivnosti (značajno su povećani kapaciteti izvorišta Bora, Despotovca, Knjaževca, Čuprije, Niša).

Ovi realizovani pilot-sistemi obuhvataju različite tipove ležišta i uslova isticanja, što je takođe od posebnog značaja. Niz perspektivnih, uglavnom uzlaznih izvorišta povoljno je lociran ili je već u funkciji vodosnabdevanja, što obezbeđuje i buduću ekonomsku opravdanost njihovog intenzivnijeg korišćenja.

Da bi se regulacione mere primenile u praksi neophodno je obezbediti prethodnu ocenu raspoloživih rezervi izdanskih voda u slivovima karstnih vrela, kao i njihove varijabilnosti u toku hidrološkog ciklusa. U toku svog dosadašnjeg rada Igor Jemcov se kao mladi, ali i već afirmisani istraživač i naučnik, bavio ovim problemima. U svom magistarskom radu primenio je i originalan pristup u rešavanju ove problematike, a neki metodski postupci po prvi put su bili primenjeni u nas. Doktorska disertacija, po svom sadržaju, ciljevima i obimu predstavlja korak dalje u razvijanju metodologije za analizu i ocenu vodoprivredno iskoristivog dela podzemnih vodnih resursa.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Primenjena metodologija istraživanja za potrebe doktorske disertacije bazira se na teorijskim razmatranjima i praktičnoj primeni na četiri, po različitim kriterijumima odabrana primera. Postoje mogućnosti šire aplikacije rezultata na našu vodoprivrednu praksu i generalno poboljšanje uslova vodosnabdevanja iz karstne izdani.

Preduslov primene konkretnih rehičkih rešenja predstavlja adekvatno poznavanje bilansa karstnih izdanskih voda već u početnim fazama istraživanja. Ukoliko bi se utvrdilo da određeni

sliv nema odgovarajući potencijal, odnosno karstno vrelo zahtevani kapacitet za primenu regulacionih mera, isto može biti eliminisano iz budućih razmatranja i planova. Time se izbegava izrada nepotrebnih projekata ili skupih ulaganja u istraživanja i primenu konkretnih rešenja koja ne bi rezultirala zadovoljavajućim rezultatima. S druge strane, primena efikasnih metoda prethodne ocene potencijalnosti po predloženoj metodologiji, otvara perspektive za brojna nova izvorišta ili proširene kapacitete postojećih.

Razvojem metodologije bilansiranja i preciznijeg određivanja pojedinih parametara bilansa, kako je u ovoj disertaciji i uradjeno, moguće je formirati adekvatne osnove za njihovu valorizaciju, a time i aktivnije korišćenje vodnih resursa. Pored navedenog, neophodnu osnovu za racionalno korišćenje karstnih vodnih resursa predstavlja adekvatna karakterizacija, a tek nakon definisanja sistema, trebalo bi analizirati ponuđena rešenja vodosnabdevanja i izvršiti izbor optimalne varijante.

Primenjena metodologija kvantitativnog određivanja karstnog hidrogeološkog sistema, bazirana na recesionoj analizi, analizi baznog oticaja i analizi vremenskih serija daje zadovoljavajući nivo informacija neophodnih za definisanje konceptualnog modela koji odražava glavne karakteristike karstnog hidrogeološkog sistema. Sprovedene procedure i proračuni pokazuju da primena samo jedne od navedenih metoda svakako nije dovoljna, zbog niza ograničenja koje ima svaka od njih pojedinačno. Posebno je neophodna primena kroskorelacione i krosspektralne analize pri analizi režima karstnih izdani.

Sprovedenom analizom bilansa i karakterizacijom razmatrana četiri karstna izvorišta, stvorena je mogućnost simulacije stanja zapremine karstne akumulacije u prirodnim uslovima. Ovo predstavlja prvi korak i neophodnu osnovu za simulaciju stanja karstne akumulacije u veštački narušenim, eksploatacionim uslovima.

Primenjeni model analize režima karstnih izdanskih voda unapređen je u odnosu na prethodni model koji je Igor Jemcov po prvi put primenio u svojoj magistarskoj tezi, posebno u segmentu koji razmatra recesione uslove kada nastupa period veštačkog pražnjenja karstne izdani, uvođenjem nove promenljive - fiktivnog proticaja (Q_{pi}), odnosno fiktivnog koeficijenta pražnjenja (α').

Primenjeni koncept analize bilansa u karstu i optimizacije rešenja vodozahvata ima i praktičan značaj, jer pored prikaza metodologije na izabranim reprezentativnim primerima karstnih izvorišta u Srbiji na kojima je primenjen postupak optimizacije i predloženo rešenje korišćenja voda, moguće je analogno navedenu metodologiju primeniti i na druga karstna izvorišta sa sličnim karakteristikama. Primena ovakvog koncepta predstavlja važan korak ka ukupnoj kvantifikaciji resursa karstnih izdanskih voda, a time i mogućnostima njihovog adekvatnijeg tretmana u odnosu na druge tipove izdani i površinske vode u okviru planskih dokumenata koji regulišu strategiju vodosnabdevanja naše zemlje.

Primena optimizacionog postupka u značajnoj meri olakšava postupak odlučivanja, kada je u pitanju izbor rešenja vodozahvata. Postupak višekriterijumskog odlučivanja podrazumeva najbolje rešenje sa stanovišta više kriterijuma, ali i prema strukturi preferencije donosioca odluke. Međutim, pored značaja adekvatnog uspostavljanja kriterijuma, veoma je važna i adekvatna procena varijante rešenja, koja u izvesnoj meri može biti opterećena subjektivnom

procenom autora. Ovaj problem je posebno izražen kada je u pitanju izvođenje objekata u karstu, koji su najčešće povezani sa nizom neodređenosti posebno u fazama idejnog rešenja.

6. REZULTATI RADA

Doktorska disertacija kandidata Mr Igora Jemcova, dipl. inž. geologije, pod nazivom "**Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije**" predstavlja dokumentovan, obiman i originalni naučno-istraživački rad iz domena hidrogeologije karsta. Ovim radom dat je značajan naučni doprinos i naučna podloga za upravljanje vodnim resursima a sa ciljem optimalnog korišćenja izdanskih voda.

Izradom ovog rada i značajnim doprinosom metodologiji istraživanja karsta Igor Jemcov svrstao se u red uspešnih naučnika i istraživača u naučnoj oblasti po kojoj su Jugoslavija i Srbija uvek bili prepoznatljivi u svetu, sve od vremena osnivača karstologije Jovana Cvijića do danas.

1. Polazeći od poznavanja opšteg vodnog bilansa slivnog područja karstnih vrela, autor ističe najveći značaj efektivne infiltracije kao ulazne komponente karstnog hidrogeološkog sistema (KHS), kao i vrednost ukupnog oticaja odnosno u konkretnom slučaju proticaja na vrelima, kao glavnog izlaznog elementa bilansa. U proračunima su s obzirom na teškoće određivanja zanemarene vrednosti podzemnog oticaja u druge hidrogeološke strukture, kao i eventualna greška prilikom određivanja ulazno izlaznih parametara. Isticanje u druge hidrogeološke strukture simulirano je u slučajevima kada se relativno pouzdano raspolagalo sa podacima o značajnijem podzemnom oticaju u druge hidrogeološke strukture (izvorišta Nemanja i Sveta Petka), modelom je simuliran odnos ulazno-izlaznih parametara u korist ulaznih parametara (efektivne infiltracije). Dobijena razlika razmatranih ulazno-izlaznih veličina u bilansnoj jednačini je posledica promene rezervi u okviru KHS.

Pored navedenih ulazno-izlaznih parametara bilansa u KHS, tačnost određivanja stanja karstne akumulacije uslovljena je poznavanjem površine slivnog područja i inicijalnog stanja karstne akumulacije.

2. Na izvorištu Nemanja 1 i 2 usvojena je inicijalna zapremina karstne akumulacije od 50 mm, što u odnosu na površinu sliva odgovara zapremini od $1.64 \times 10^5 \text{ m}^3$. Razlika u zapremini voda na početku i na kraju recesionog perioda za svaku recesionu epizodu predstavlja pražnjenje dinamičkih rezervi i ona uobičajeno iznosi od $5.19\text{-}5.29 \times 10^5 \text{ m}^3$. Autor konstatuje da će testirani scenariji eksploatacionih uslova, na ovom izvorištu pri kapacitetu od 30 l/s biti veoma teško održivi, posebno u periodima koji se mogu okarakterisati kao relativno sušni. Deficit je moguće kompenzovati samo u slučaju nailaska vrlo visokog poplavnog talasa. S druge strane, preporučuje se eksploatacija do 25 l/s, što je dvostruko više od minimalnih izdašnosti.

3. Na izvorištu Sveta Petka usvojena inicijalna vrednost stanja karstne akumulacije iznosi 190 mm pri površini sliva od 51 km^2 , što odgovara zapremini od $1.86 \times 10^6 \text{ m}^3$. Analiza ukazuje da je na ovom izvorištu eksploatacija proticajima od 200 i 250 l/s realno izvodljiva, dok je eksploatacija kontinuiranim proticajem od 300 l/s, na granici održivosti. Ako se ima u vidu minimalna prirodna izdašnost vrela od oko 100 l/s, jasno je da postoji značajan dopunski potencijal u okviru karstne izdani koji bi se mogao iskoristiti adekvatnim tehničkim rešenjem i merama regulacije.

4. U izdani izvorišta Perućac vrednost inicijalne zapremine iznosi 110 mm, što predstavlja praktično minimalnu vrednost promena stanja karstne akumulacije. Ovaj sistem karakterišu značajne rezerve voda koje se relativno sporo prazne i pored činjenice da ispod sadašnje kote isticanja nije konstatovana značajnija karstifikacija. Vrednosti razlika zapremine karstne akumulacije na početku i na kraju recesionog perioda variraju u širokom dijapazonu od $7.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ do $11.45 \times 10^6 \text{ m}^3$. Na osnovu sprovedene analize konstatovano je da period punjenja karstne akumulacije do postizanja maksimalne kote uspora traje do 130 dana, pri kontinuiranom isticanju $Q_e = 370 \text{ l/s}$, što odgovara potrebama svih korisnika (vodosnabdevanje, ribnjak, vodoprivredni minimum i sl.). Eksploatacioni sistem sa ovim kapacitetom je realno održiv, a uključuje i funkcionisanje predložene hidroelektrane koja bi se ostvarila formiranjem podzemne akumulacije u zaledju vrela.

5. Na izvorištu Krupac za vrednost inicijalne zapremine usvojena je vrednost od 120 mm, što odgovara zapreminama od $9.47 \times 10^5 \text{ m}^3$ odnosno $4.33 \times 10^5 \text{ m}^3$. Sprovedene simulacije eksploatacije karstnih izdanskih voda na izvorištu Krupac, pri kapacitetima od 150, 200 i 300 l/s, ukazuju na veoma povoljne uslove eksploatacije, tako da veličina ostvarenog deficita zapremine vode zavisi isključivo od kapaciteta statičkih rezervi, dok je kompenzacija iscrpenih količina voda tokom perioda velikih voda gotovo osigurana. Ovo potvrđuju i praktični rezultati ostvareni tokom prethodnih godina eksploatacije ovog izvorišta uključenog u vodovod grada Niša. Kao kritičnu i problematičnu sa aspekta obnavljanja iscrpenih voda, autor na bazi modela usvaja veličinu proticaja od 400 l/s.

7. DISKUSIJA

Na osnovu prezentiranog materijala u doktorskoj disertaciji, može se konstatovati da su postavljeni ciljevi i zadaci dosledno realizovani kroz jasno razrađenu metodologiju koja je obuhvatila detaljnu analizu, razvoj i definisanje kompleksnog modela za bilansiranje voda karstnih vrela. Na ovaj način je kandidat Mr Igor Jemcov pokazao da je potpuno ovladao savremenom metodologijom za praćenje, analize i simulacije količina isteklih voda iz karstnih vrela i istoj dao značajan lični doprinos.

Igor Jemcov je svojom disertacijom potvrdio da je složenim simulacijama režima isticanja karstnih izdanskih voda u eksploatacionim uslovima, moguće oceniti svrsishodnost i fizibilnost tehničkog rešenja regulacije čiji bi cilj bio stvaranje dopunskih rezervi, bilo da su nastale kao rezultat veštačkog akumulisanja, bilo usled intenzivnijeg dotoka usled precipitiranja izdani. Pri tom, optimalno upravljanje režimom eksploatacije je od izuzetne važnosti, što podrazumeva uspostavljanje balansa između realnih potreba i utvrđenih ograničenja.

U cilju daljeg unapređivanja metodskih postupaka bilansiranja, ukazano je i na dalje pravce razvoja metodologije i neposrednih osmatranja i istraživanja, koji se generalno mogu ogledati u sledećem:

- Uspostavljanje monitoringa padavina, gde se pored kontinualnog merenja ukupne količine padavina, vrši i merenje intenziteta i vrste padavina, kao i glavnih parametara klime koji utiču na izlučivanje atmosferskih taloga.
- Uspostavljanje monitoringa otapanja snežnog pokrivača, u pogledu gustine snega i intenziteta topljenja u cilju korekcije postojećih ili uspostavljanja novih empirijskih jednačina otapanja snega.

- Uspostavljanje merenja intercepcije u uslovima različite pokrivenosti vegetacionim pokrivačem i formiranje empirijskih jednačina za uticaj vegetacionog pokrivača u zavisnosti od vegetacionog perioda.
- Ispitivanje stanja zemljišne vlage, u cilju utvrđivanja raspoloživog kapaciteta vode u zemljištu, zavisno od zastupljenosti vrste zemljišta u okviru slivnih područja karstnih vrela.
- Istraživanje epikarstne zone u cilju jasnijeg definisanja njegove uloge u okviru razmatranog karstnog hidrogeološkog sistema, kao i razvoju teorijskog matematičkog dvofaznog modela uz pomoć koga bi se jasnije definisali hidraulički odnosi.
- Primena metoda daljinske detekcije u analizi zastupljenosti vegetacionog pokrivača i osobina zemljišta, što bi zajedno sa prostornom analizom padavina, omogućilo formiranje prostornog modela prihranjivanja karstne izdani.

8. LITERATURA

Igor Jemcov u svojoj doktorskoj disertaciji koristi i citira ukupno 226 bibliografskih jedinica, što ukazuje na širinu problema kojim se bavi, ali i ukupno poznavanje materije koju razmatra i referentne literature iz predmetne oblasti.

Od posebnog značaja su sledeći radovi kandidata vezani za temu doktorske disertacije, koje je on objavio nakon odbrane svog magistarskog rada:

1. Jemcov I., Stevanović Z., Prohaska S., 2001: A new mathematical simulation model for the prediction of exploitation of regulated karstic sources. International Hydrological Programme. IHP-V Technical Documents in Hydrology. No 49, Vol. II. pp. 703-711 UNESCO Paris.
2. Jemcov I., Čupković T., Pavlović R., Stevanović Z., 2001: An example of influence of fault pattern on karstification development. International Hydrological Programme. IHP-V Technical Documents in Hydrology. No 49, Vol. II. UNESCO Paris.
3. Jemcov I., Dokmanović P., Stevanović Z., Milanović S., 2002: An example of groundwater resource management under complex hydrogeological conditions in Serbia. Groundwater and Human Development, Proceedings of XXXII Congress of IAH & ALSHUD. Mar del Plata
4. Jemcov I., Pavlović R., Stevanović Z., 2002: Morphotectonic analysis in hydrogeological research of karst terrains. A case study of SW Kucaj Massif, Eastern Serbia. Theoretical and Applied Karstology, vol 15 pp. 51-59. Academia Romana. Bucharest.
5. Mijatović B., Jemcov I., 2003: The contribution of geological-mining engineering to groundwater tapping in karst systems. Case studies. pp. 237-241. Vol 50. No 1. Ljubljana
6. Jemcov I., Stevanović Z., 2003: Primena matematičkog modela za analizu bilansa karstnih izdanskih voda na primeru karstnih izvorišta Sveta Petka i Nemanja. Zbornik 4. Simpozijuma o zaštiti karsta. Akademsko speleološko – alpinistički klub. pp. 79-85. Beograd

7. Stevanović Z., Marković M., Jemcov I., Pavlović R., 2004: Tectonic Pattern and Groundwater Drainage – Correlation Analysis at Regional Scale. MECEO, First Mediterranean Conference on Earth Observation-Remote Sensing. Faculty of Mining and Geology, Belgrade University. pp.373-378, Belgrade
8. Jemcov I., Stevanović Z., 2004: Management and Control of Karst Aquifer Systems, Basic Principles karst Water Resources Assessment. XXXVIII Congress of IAH and 7 Congress ALHSUD. Groundwater Flow Understanding, from local to regional scale. Zacatecas. Mexico.
9. Živanović V., Bjelivuk Z., Jemcov I., 2006 Groundwater Vulnerability Assesment and Parameter Sensitivity Analysis - Application of EPIK Method in the National Park "Tara". 14th International Karstological School "Classical Karst". Sustainable Management od Natural and Enviromental Resources on Karst. Karst Resarch Institute of Slovenia. Postojna
10. Dokmanović P., Jemcov I., 2006: Assesment of water supply ability of "Sveta Petka" karst source (eastern Serbia). Proceedings of XVIIIth Congress of Carpathian-Balkan Geological Association. pp. 106-108 Belgrade
11. Jemcov I., Živanović V., Čolić S., Milanović S., Trivić B., 2007: Vulnerability assessment and application of remote sensing - Groundwater resource analysis of National park "Tara". XXXV IAH Conress Groundwater and Ecosystem Lisabon 2007. Portugal.
12. Dokmanović P., Jemcov I., 2007 Kompleksan pristup oceni potencijala karstnih izdani za vodosnabdevanje (na primeru istočne Srbije). Vodoprivreda, br. 225-227 (2007/1-3). Jugoslovensko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje. pp 59-64. Beograd
13. Jemcov I., Dokmanović P., 2007: Karstne izdani u neposrednom slivu Velike Morave i mogućnosti vodosnabdevanja. Voda i sanitarna tehnika, XXXVII (6) časopis udruženja za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo. pp.51-61. Beograd
14. Jemcov I., 2007: Water supply potential and optimal exploitation capacity of karst aquifer system. Environ Geology Journal Vol. 5 No 5. pp. 767-773. Springer.
15. Stevanovic Z., Jemcov I., Milanovic S. 2007: Management of Karst aquifers in Serbia for Water Supply. Environ Geology Journal Vol. 5 No 5. pp. 743-748. Springer.

9. ZAKLJUČAK

Temu doktorske disertacije "**Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije**" kandidata Mr Igora Jemcova, asistenta Rudarsko Geološkog fakulteta na Departmanu za hidrogeologiju, karakteriše aktuelnost ocene vodnih resursa u karstu, kako sa naučnog, tako i sa praktičnog stanovišta.

Neophodan preduslov optimalnog korišćenja karstnih izdanskih voda predstavlja poznavanje elemenata režima i bilansa. Predmet disertacije u najvećoj meri bio je fokusiran na razradu metodologije za ocenu raspoloživosti vodnih resursa u prirodnim i veštačkim uslovima eksploatacije, kao i primenu uspostavljenih proračunskih procedura na analizu bilansa četiri odabrana karstna vrela u karstu Srbije. Ovakav način ocene održivosti eksploatacije za različite kapacitete, vodi ka opredeljivanju optimalnih tehničkih rešenja vodosnabdevanja i mogućim značajnim racionalizacijama istraživačkih postupaka u inženjerskoj praksi. Stoga, izradjena doktorska disertacija ima poseban značaj za oblast vodosnabdevanja stanovništva kvalitetnim vodama iz karstnih izdani, ali i za druge vidove korišćenja voda u karstnim terenima.

Razrađeni teorijski aspekti i originalne simulacije na formiranom konceptualnom modelu mogu naći široku praktičnu primenu pre svega u hidrogeologiji karsta, ali i vodoprivredi u najširem smislu.

Analizirajući doktorsku disertaciju "**Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije**" kandidata Mr Igora Jemcova, diplomiranog inženjera geologije, komisija je zaključila da rad predstavlja značajan i originalni naučni doprinos oblasti geologije i hidrogeologije karsta, te stoga predlaže Nastavno-naučnom veću Rudarsko-Geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da istu prihvati i odobri njenu usmenu odbranu pred komisijom u istom sastavu.

Beograd. 06. 10. 2008 godine.

Komisija za pregled i ocenu doktorske disertacije:

1. Dr Zoran Stevanović, redovni profesor Rudarsko-Geološkog fakulteta

2. Dr Veselin Dragišić, redovni profesor Rudarsko-Geološkog fakulteta

3. Dr Stevan Prohaska, naučni savetnik Instituta za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd

4. Dr Ognjen Bonacci, redovni profesor Gradjevinskog fakulteta Univerziteta u Splitu
