

OPERATIVNI MONITORING PODZEMNIH VODA SRBIJE – KONCEPT, REZULTATI I PREDLOG INTEGRACIJE U POSTOJEĆU MREŽU

Zoran STEVANOVIĆ, Branislav PETROVIĆ, Veljko MARINOVIĆ, Ljiljana VASIĆ, Saša MILANOVIĆ

Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu,
Departman za hidrogeologiju, Centar za hidrogeologiju karsta

REZIME

Upravljanje vodama i zaštita kvaliteta vode u skladu sa principima održivog razvoja pitanja su kojima Evropska unija (EU) pridaje veliki značaj. Prilagođavanje evropskim standardima u svim oblastima, a posebno u oblasti životne sredine, postao je prioritet u Republici Srbiji (RS), kada se uzme u obzir tok procesa pristupanja u EU. U skladu sa ovim realizovan je i projekat „Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije“ u cilju kreiranja novih podloga i proširenja monitoring mreže, a radi bolje zaštite voda Dunavskog sliva i primene Okvirne direktive o vodama EU. Analize vršene u sklopu projekta pokazale su da velika većina vodnih tela podzemnih voda Srbije generalno nije pod kvantitativnim pritiskom, dok se kvalitativni pritisak uglavnom odnosi na područja sa intenzivnom poljoprivrednom (Vojvodina) i rudarskom aktivnošću. Kako bi se održao neophodni nivo monitoringa podzemnih voda RS, potrebno je integrisati odabrane monitoring punktove u postojeću mrežu, koja je pod ingerencijom agencija RS.

Ključne reči: vodno telo podzemnih voda, operativni monitoring, pritisci na podzemne vode, Republika Srbija

1. UVOD

Podzemne vode Republike Srbije nedovoljno su istražene, posebno sa aspekta kontinualnih režimskih osmatranja njihovog kvaliteta i kvantiteta, iako su podzemne vode nosioci ukupnog vodosnabdevanja i obezbeđuju kvalitetnom pijaćom vodom oko 75% stanovništva Srbije.

Upravljanje vodama i zaštita kvaliteta vode u skladu sa principima održivog razvoja pitanje je kome EU pridaje

veliki značaj. Praksa u procesu priključenja novih država EU, pokazala je da su problemi vezani za zaštitu vodnih resursa i životne sredine posebno izraženi u ekonomski slabije razvijenim državama. Stoga je ispunjenje zahteva i zadovoljenje standarda EU u oblasti voda važan preduslov za ostvarenje evropskih integracija. U skladu sa ovim, projekat Ministarstva zaštite životne sredine „Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije“ realizovan je sa zadatkom formiranja kvalitetnih podloga za ocenu stanja resursa i bolje zaštite voda Dunavskog sliva, kao i primene Okvirne direktive o vodama EU (ODV) [1].

Preliminarna delineacija vodnih tela podzemnih voda (VTPV) u Srbiji i Crnoj Gori obuhvatila je 67 vodnih tela podzemnih voda [2]. Nakon prve iteracije, broj vodnih tela je povećavan u skladu sa preporukama Vodiča o identifikaciji vodnih tela i ODV [3]. Tako je druga iteracija obuhvatala 208 VTPV samo u Srbiji, da bi konačan broj pojedinačnih vodnih tela podzemnih voda u RS bio redukovan na 153 [4]. Agencija za zaštitu životne sredine RS (AŽS) je zadužena za sistematsko praćenje kvaliteta podzemnih voda RS [5], dok monitoring kvantiteta spada u nadležnost Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ), ali se njime bave i JP „Đerdap“ i JVP „Vode Vojvodine“. U okviru prostorne distribucije osmatračke mreže vodnih tela podzemnih voda, uočljiva je disproporcija u monitoringu podzemnih voda intergranularnih izdani u aluvijonima velikih reka sa jedne strane, i sa druge, neogenih i karstnih koje se nedovoljno osmatraju. Rezultati proistekli iz strateškog projekta „Monitoring podzemnih voda Srbije“ [6] i posebno „Projekta proširenja mreže stanice podzemnih voda“ koji je Rudarsko-geološki fakultet realizovao za potrebe RHMZ [7] bili su osnov za formiranje koncepta implementacije operativnog monitoringa podzemnih voda RS. Na početku realizacije projekta „Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije“ koji je

Rudarsko-geološki fakultet realizovao u saradnji sa Institutom za javno zdravlje iz Kragujevca u periodu 2017-2020. odabrano je 28 (grupa) VTPV i monitoring punktova (po 1 punkt u odabranom VTPV), u okviru kojih ranije nije bilo sistematskog osmatranja, a koja su prethodno bila ocenjena da se nalaze potencijalno pod pritiskom ili su pod pritiskom [7]. U narednim godišnjim ciklusima povećavan je broj vodnih tela podzemnih voda tj. osmatračkih objekata u okviru vodnih tela, tako da je na kraju ukupan broj vodnih tela u novoformiranoj monitoring mreži iznosio 50, dok je broj osmatranih hidrogeoloških objekata i pojava bio 63.

Istraženost podzemnih voda osnov je i za delineaciju VTPV. S obzirom da u skladu sa ODV postoji potreba redovne re-evaluacije stanja VT površinskih i podzemnih voda na svakih 7 godina, postoji neophodnost nove delineacije VTPV, imajući u vidu da su uočene određene greške [4], koje se u najvećoj meri tiču dodeljivanja VTPV pogrešnom rečnom slivu [6].

Kvalitet podzemnih voda generalno je uslovljen tipom stena u kojima je voda akumulirana, odnosno geohemijskim procesima koji vladaju pri interakciji vode i stene. Osim toga, dubina zaleganja, brzina vodozamene i drugi faktori utiču na stepen interakcije stena/voda, a samim tim i na mineralizaciju podzemnih voda [8, 9]. Drugim rečima, geogenetski faktor igra presudnu ulogu u formiranju hemijskog sastava i kvaliteta podzemnih voda. Nažalost u našoj zemlji još uvek nisu određene granične vrednosti (prirodni fon) za pojedine komponente hemijskog sastava, pa se ocene stanja kvaliteta moraju uglavnom bazirati na standardima koji važe za vode za piće ili ekspertskoj oceni, kao što je sugerisano u dokumentima i izveštajima Evropske agencije za životnu sredinu (EEA) [10].

Sistematsko praćenje kvaliteta podzemnih voda RS pored AŽS, vrše i regionalni zavodi za javno zdravlje, kao i vodovodi koji zahvataju vodu za javno snabdevanje. Obavezu praćenja kvantiteta podzemnih voda, pored RHMZ imaju i drugi subjekti koji eksploatišu vodu na osnovu vodne dozvole. Međutim, ovi podaci se nažalost ne objedinjuju, iako za tim postoji potreba. Ipak, obim i broj lokacija monitoringa podzemnih voda neminovno će biti povećan u narednom periodu, u skladu sa predlozima i rezultatima projekta *Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije*.

2. METODOLOGIJA - KONCEPT FORMIRANJA MREŽE I DEFINISANJA PRITISAKA NA PODZEMNE VODE

Imajući u vidu značaj podzemnih voda za vodosnabdevanje stanovništva Srbije, neophodno je postojanje adekvatnih podloga na osnovu kojih se mogu oceniti rasprostranjenost i valorizovati rezerve ovog resursa. Za takav vid evaluacije resursa podzemnih voda, potrebno je uspostavljanje adekvatne i ravnomerno raspoređene monitoring mreže u čijem sklopu bi se pratile kvalitativne i kvantitativne karakteristike podzemnih voda na teritoriji cele države. Monitoring mreža podzemnih voda Srbije je ocenjena kao nefunkcionalna i/ili neusklađena sa standardima i predloženim tehničkim uslovima implementacije koji su sadržani u EU regulativi (pre svega u ODV i pratećim dokumentima – vodičima), ali i u domaćoj regulativi vezanoj za vodne resurse.

Jedan od najvećih problema monitoring mreže podzemnih voda RS je prostorni raspored monitoring objekata na kojima se osmatraju podzemne vode. Generalno, monitoring mreža podzemnih voda u nadležnosti RHMZ najvećim delom je koncentrisana na intergranularne izdani duž tokova većih reka (Dunav, Sava, Tisa, Velika Morava), sa izuzetkom Vojvodine i Mačve, gde se mestimično osmatra i izdan formirana u mladim jezerskim i terasnim naslagama. Osim njih, osmatranje režima nekih karstnih izdani istočne i zapadne Srbije bila su aktuelna u kratkom periodu od 1995. do 2001. godine, nakon čega su prekinuta, osim na vrelu Mlave, gde se osmatranje režima isticanja vrela i dalje vrši. Imajući pomenuto u vidu, može se zaključiti da su severni deo zemlje i aluvijoni većih reka relativno dobro proučeni, istočni i zapadni delovi zemlje u nešto manjoj meri, dok su najmanje izučeni južni delovi Republike Srbije.

U okviru „Projekta proširenja mreže stanice podzemnih voda“ [7] predloženo je proširenje postojeće monitoring mreže podzemnih voda, koja bi ravnomernije i sveobuhvatnije uključila i osmatranja karstnih i pukotinskih izdani i izdani formiranih u okviru neogenih basenskih struktura, pored već postojećih intergranularnih izdani formiranih u okviru aluvijalnih sedimenata. Ovim projektom, kao i u radu Stevanović et al. [11] predloženo je da novom mrežom za kvalitativni monitoring podzemnih voda bude obuhvaćeno ukupno 130 objekata/postojećih izvorišta podzemnih voda na 91 VTPV/GVTPV. Sličan predlog sadržan je i u radu Dokmanović et al. [12]. Ovi predlozi i preliminarna ocena pritiska na kvantitet i kvalitet podzemnih voda

bili su osnov za formiranje koncepta operativnog monitoringa podzemnih voda RS. Osim predloženog broja i dinamike uključivanja novih osmatračkih objekata, jedna od osnovnih podloga bila je i izrađena *Karta hazarda od zagađivanja podzemnih voda prema difuznim zagađivačima na teritoriji Republike Srbije* [6].

Projekat „Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije“ je realizovan sa dva osnovna cilja:

1. proširenje stalne nacionalne mreže osmatračkih objekata,
2. definisanje potrebnog nadzornog ili operativnog monitoringa tokom perioda 2017-2020. godina.

Prvi korak u konceptu organizacije operativnog monitoringa podzemnih voda podrazumevao je odabir reprezentativnih monitoring punktova u okviru (grupa) vodnih tela podzemnih voda. Zbog racionalizacije troškova, ali i realne ocene stanja ugroženosti kvaliteta i kvantiteta podzemnih voda, određen broj vodnih tela uključen je i u kvantitativni i u kvalitativni operativni monitoring podzemnih voda [13,14]. Na početku je odabrano 28 (G)VTPV, kao monitoring punktova, u okviru kojih ranije nije bilo sistematskog osmatranja, a koja su bila prethodno ocenjena da su potencijalno pod pritiskom (P/P) ili pod pritiskom (P) [6]. Dok *operativni monitoring* podrazumeva implementaciju mera za poboljšanje kvantitativnog i/ili hemijskog statusa podzemnih voda, *nadzorni monitoring* obuhvata osmatranje onih vodnih tela kod kojih nije potrebno preduzimanje nikakvih mera za poboljšanje bilo kog statusa. Stoga je frekvencija osmatranja kod ova dva tipa monitoringa različita, tako što je operativni frekventniji od nadzornog monitoringa. Na odabranim lokacijama bilo je neophodno utvrditi parametre hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda u periodu malih i velikih voda. U pogledu hemijskog statusa podzemnih voda, bilo je neophodno definisati reprezentativne parametre čijim će se praćenjem odrediti hemijski status podzemnih voda, u skladu sa ODV, Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog statusa podzemnih voda [15] i delom sa Uredbama o utvrđivanju Godišnjeg programa monitoringa statusa voda koji za određenu godinu predlaže Direkcija za vode RS.

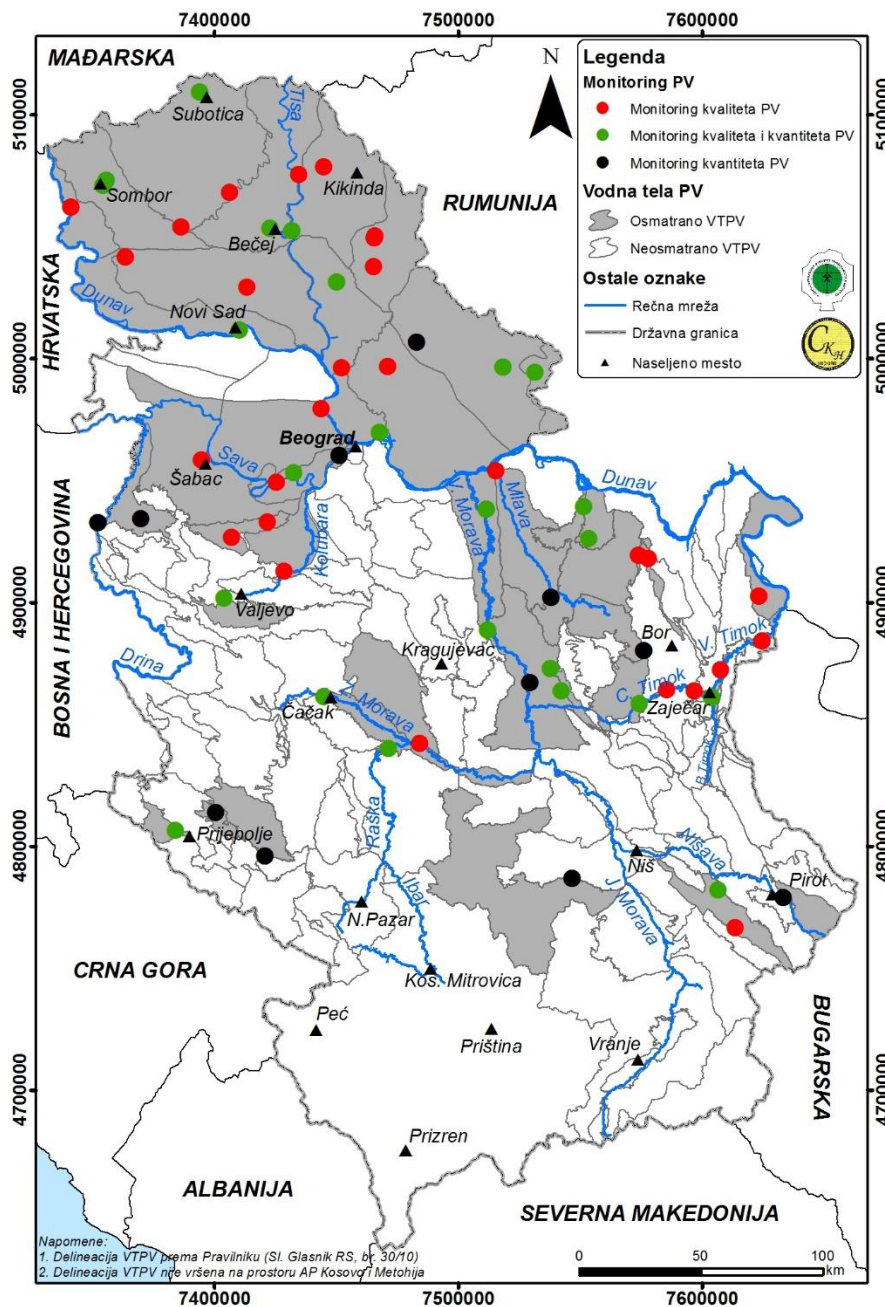
U periodu 2018 – 2020. godine projekat je nastavljen pod istim uslovima, tako što je u svakom narednom godišnjem ciklusu povećavan broj vodnih tela

podzemnih voda, kao i broj osmatračkih objekata u okviru vodnih tela u cilju pugušćavanja monitoring mreže podzemnih voda. U drugoj fazi (2018 – 2019) broj vodnih tela je povećan za 16, a u trećem ciklusu (2019 – 2020) je ukupnom broju dodato 6 vodnih tela, tako da je na kraju ukupan broj vodnih tela u monitoring mreži podzemnih voda iznosio 50 (Slika 1).

Program realizacije obuhvatio je uzorkovanje podzemne vode potrebne za hemijske analize u periodu malih i velikih voda, kao i praćenje nivoa podzemnih voda od početka realizacije projekta, u kontinuitetu tokom trajanja projekta, učestalošću koja je definisana sa lokalnim izvoristima tj. angažovanim osmatračima. Na taj način su stvoreni uslovi za definisanje sezonske fluktuacije hemijskog sastava i nivoa podzemnih voda, odnosno za evaluaciju stanja kvaliteta podzemnih voda i režima nivoa izdani u VTPV tokom trogodišnjeg perioda i okvirno određivanje trenda osmatranih parametara u navedenom periodu.

Metodologija ocene pritisaka na kvalitet podzemnih voda u okviru vodnih tela koja su bila pokrivena monitoring mrežom, zasnovana je pretežno na komparaciji vrednosti kvalitativnih parametara u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) hemijskih parametara u vodi za piće. U nedostatku pravilnika koji definiše kritične vrednosti svakog hemijskog parametara (engl. *threshold values*), ovakav pristup predlaže i Evropska unija u pratećim dokumentima i vodičima koji bliže određuju metodologiju ocene hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda [10].

Ukoliko je jedan ili više parametara u više od 66% analiza bio iznad MDK vodno telo je svrstano u kategoriju „*pod pritiskom*“, dok ukoliko je samo jedan parametar prevazišao MDK u više od 66% analiza ili je u svim analizama vrednost povećana (ali ne prelazi MDK), vodno telo je svrstano u kategoriju „*potencijalno pod pritiskom*“. U kategoriji „*nije pod pritiskom*“ su vodna tela gde su parametri u svim izrađenim analizama u okviru MDK, zatim ako je neki parametar prešao MDK u jednoj od hemijskih analiza (ili se našao jako blizu MDK) i ukoliko je vrednost nekoliko parametara jako blizu MDK u različitim analizama.



Slika 1. Karta odabranih vodnih tela i lokacija osmatranih hidrogeoloških pojava i objekata

Objektivno, jedna ili samo dve lokacije u istom vodnom telu ne daju osnovu za pouzdanu ocenu stanja pritiska bilo na kvantitet ili kvalitet vode, ali se ipak vodilo računa da objekti budu dovoljno reprezentativni za ovakvu ocenu. Dakle, da predstavljaju tipične objekte u pogledu lokacije, dubine i konstruktivnih elemenata,

odnosno da se aktivnije koriste tokom hidrološkog ciklusa, ali da se ne nalaze u središtu najintenzivnije eksploatacije, tj. radijusa dejstva grupe bunara u radu. I na kraju, da nisu locirani neposredno uz registrovane najveće zagađivače životne sredine.

Kvantitativni pritisak na podzemne vode može biti ocenjen na osnovu komparacije zahvaćenih količina voda sa raspoloživim rezervama podzemnih voda u okviru istog vodnog tela podzemnih voda, odnosno na osnovu trenda statičkih i/ili dinamičkih nivoa podzemnih voda izmerenih u pijezometrima i bunarima i izdašnosti karstnih vrela [3]. S obzirom na to da je za ocenu pritiska na kvantitet podzemnih voda na osnovu odnosa raspoloživih rezervi i zahvaćenih količina neophodno poznavati ukupnu količinu zahvaćenih voda i bilans podzemnih voda za celo vodno telo, ocena pritiska na kvantitet podzemnih voda u okviru ovog projekta je uglavnom ocenjivana na osnovu trenda nivoa podzemnih voda ili izdašnosti izvora. Tako, ukoliko je prisutan negativan trend nivoa podzemnih voda apsolutne razlike veće od 1 m tokom trogodišnjeg perioda osmatranja, vodno telo podzemnih voda je definisano kao *pod pritiskom*. U suprotnom, ocenjivano je da VTPV nije pod kvantitativnim pritiskom, ili to može postati ukoliko se eksploatacija nastavi u istom intenzitetu ili se intenzivira (*potencijalno pod pritiskom*).

Uzorkovanje podzemnih voda za potrebe izrade hemijskih analiza vršeno je u kampanjama terenskih obilazaka monitoring punktova: hidrogeoloških pojava i objekata. Terenska istraživanja u okviru kojih je vršeno uzimanje uzoraka i *in situ* merenje fizičko – hemijskih svojstava podzemnih voda obavljena su tokom realizacije projekta u kampanjama koje su odgovarale periodima visokih i niskih voda.

Fizičko-hemijski parametri koji su određivani direktno na terenu su:

- temperatura vode (°C),
- pH,
- miris, boja, ukus,
- mutnoća (NTU),
- elektroprovodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$),
- rastvoreni kiseonik (DO mg/l),
- redox potencijal - Eh (mV),
- ukupna tvrdoća (mg/l),
- ukupni alkalitet (mg/l),
- Ca^{2+} (mg/l), HCO_3^- (mg/l).

S druge strane, laboratorijska ispitivanja kvaliteta podzemnih voda obavljena su u akreditovanoj laboratoriji Instituta za javno zdravlje Kragujevac, gde su izvršena merenja sledećih hemijskih parametara:

- azotna trijada: NH_3 , NO_2^- , NO_3^- (mg/l),
- organske materije, utrošak KMnO_4 (mg/l),
- hloridi Cl^- (mg/l),
- sulfati SO_4^{2-} (mg/l),

- prisustvo jona Fe i Mn (mg/l),
- joni teških metala (mg/l): As, Hg, Cd, Ni, Zn, Cu, i B,
- pesticidi (Aldrin, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, Dieldrin, Endosulfan-sulfate, Endrin, alpha-HCH, beta-HCH, delta-HCH, gamma-HCH, Heptachlor, Heptachlorepoxyde, 4,4- Methoxychlor).

3. REZULTATI - OCENA STANJA VODNIH TELA PODZEMNIH VODA

U kampanjama realizovanim tokom 2017. godine na određenim pojavama uočene su povišene vrednosti sledećih parametara [13]:

- mutnoća,
- specifična električna provodljivost,
- amonijak (NH_3),
- organske materije, utrošak KMnO_4 ,
- prisustvo jona Fe i Mn,
- arsen i
- bor.

Tokom obilaska i uzorkovanja na 42 monitoring lokacije i izrade hemijskih analiza, tokom nastavka projekta u periodu 2018/2019. godina, uočene su povišene vrednosti sledećih parametara u periodu malih i/ili velikih voda [13]:

- pH vrednost,
- mutnoća,
- specifična električna provodljivost,
- koncentracija: kalcijuma, sulfata, gvožđa, mangana, arsena, bora, žive, bakra,
- povećan utrošak kalijum-permanganata (KMnO_4)

Tokom obilaska monitoring punktova, 2019/2020. godine, i izradom hemijskih analiza na ukupno 52 hidrogeoloških pojava/objekata, u određenom broju uzoraka izmerena vrednost pojedinih parametara u podzemnoj vodi bila je iznad MDK [13]:

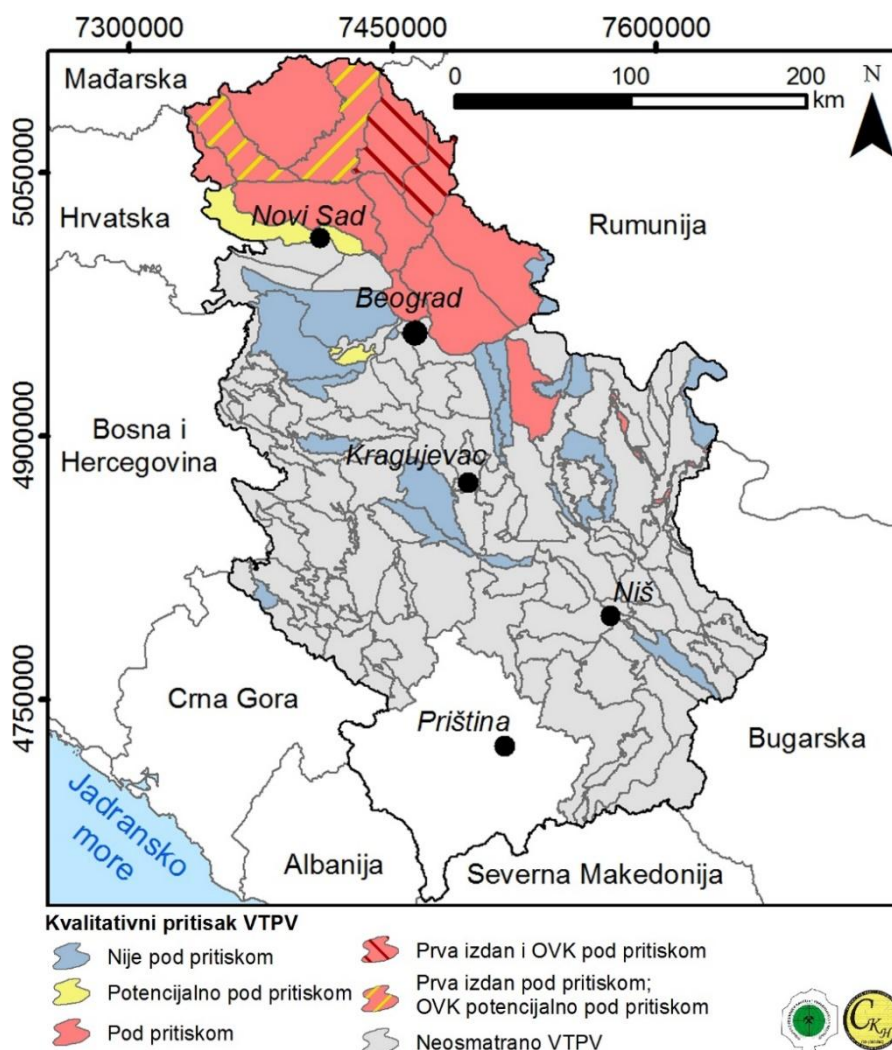
- pH indeks,
- mutnoća,
- specifična električna provodljivost,
- koncentracija: kalcijuma, amonijaka, nitrita, nitrata, sulfata, gvožđa, mangana, arsena, žive, kadmijuma, nikla,
- oksidabilnost.

Parametri kvaliteta koji su obrađeni za potrebe definisanja trendova su: temperatura vode, pH vrednost, mutnoća, specifična električna provodljivost, oksidabilnost (utrošak kalijum – permanganata) koncentracije kalcijuma, bikarbonata, amonijaka, nitrita,

nitrita, hlorida, sulfata, gvožđa, mangana, arsena i bora. Opšti zaključak je da postoje blage promene trenda navedenih parametara, tako je uočen blagi porast vrednosti određenih parametara tokom perioda realizacije projekta, i to: temperature vode, specifične električne provodljivosti, koncentracije kalcijuma, bikarbonata, amonijaka, sulfata, gvožđa, mangana i arsena. S druge strane, blagi pad trenda uočen je kod oksidabilnosti, koncentracija nitrita, nitrata, hlorida i bora. Vrednost pH nije pokazala uočljivu pozitivnu, niti negativnu promenu trenda. Ukoliko posmatramo pojedinačna vodna tela tj. lokacije na kojima je vršeno osmatranje možemo da izdvojimo neke značajne promene trenda određenih kritičnih parametara: koncentracije „elemenata“ azotne trijade (amonijak,

nitriti i nitriti), koncentracije hlorida, sulfata, gvožđa, mangana, arsena i bora.

Analiza pritisaka na kvalitet vodnih tela podzemnih voda pokazuje da su VT plićih vodonosnih horizonata lociranih u Vojvodini uglavnom ocenjena „*pod pritiskom*“ ili „*potencijalno pod pritiskom*“, dok su vodna tela koja se nalaze južno od Dunava i Save ocenjena kategorijom „*nije pod pritiskom*“ (Slika 2). Ukupno 20 od 41 vodnog tela (VT) koje je bilo uključeno u projekat u okviru monitoring mreže kvaliteta je okarakterisano kao VT koje „*nije pod pritiskom*“, 4 VT su okarakterisane kao „*potencijalno pod pritiskom*“, dok je 17 VT ocenjeno da se nalaze „*pod pritiskom*“ [13].



Slika 2. Karta kvalitativnog pritiska vodnih tela podzemnih voda RS

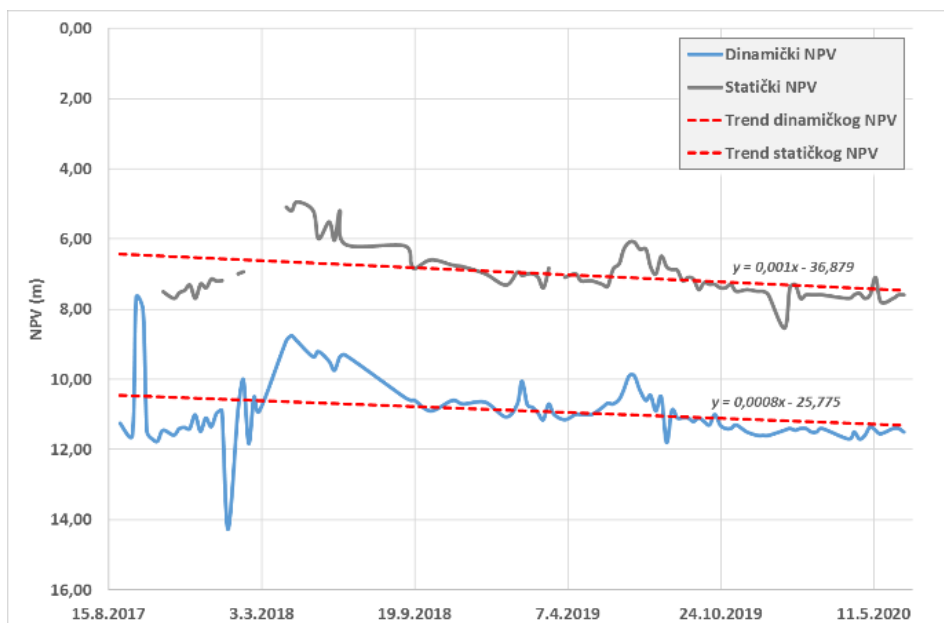
Praćenje kvantiteta podzemnih voda vršeno je na 20 objekata ili pojava, kontinuirano tokom implementacije projekta, među kojima su pored intergranularne izdani Vojvodine („Osnovni vodonosni horizont“) i aluvijona većih reka, osmatrana i pojedina karstna vrela: Vučkovo vrelo kod Sjenice, Šetonjsko vrelo kod Petrovca na Mlavi i vrelo Gaura Mare kod Bora. Kasnije je broj osmatranih karstnih vrela povećan uključivanjem u mrežu karstnih vrela: Crno vrelo kod Nove Varoši, Seljašnica kod Prijepolja, Divljana kod Bele Palanke, Gradište kod Pirota i vrelo Paklje kod Valjeva.

Evaluacija trenda opadanja ili porasta osmatranih kvantitativnih parametara vršena je na osnovu dijagrama koji obuhvata raspoložive podatke za svaki monitoring objekat u periodu 2017 – 2020. godina (Slika 3). Trend porasta ili opadanja kvantitativnih parametara za određen broj monitoring objekata definisan je i na osnovu kraćeg niza podataka iz dva razloga: prvi – jer je konkretni monitoring objekat uključen u monitoring mrežu u drugoj ili trećoj godini implementacije projekta, i drugi – jer nije bila na raspolaganju vremenska serija podataka iz celog perioda implementacije projekta usled nemogućnosti nadležnog vodovoda da obezbedi neprekidna merenja. Takođe, poslednji ciklus prikupljanja podataka o kvantitetu podzemnih voda u periodu mart – jun 2020. godine bio je otežan usled proglašenja vanredne situacije u Republici Srbiji izazvane virusom COVID-19. Upravo

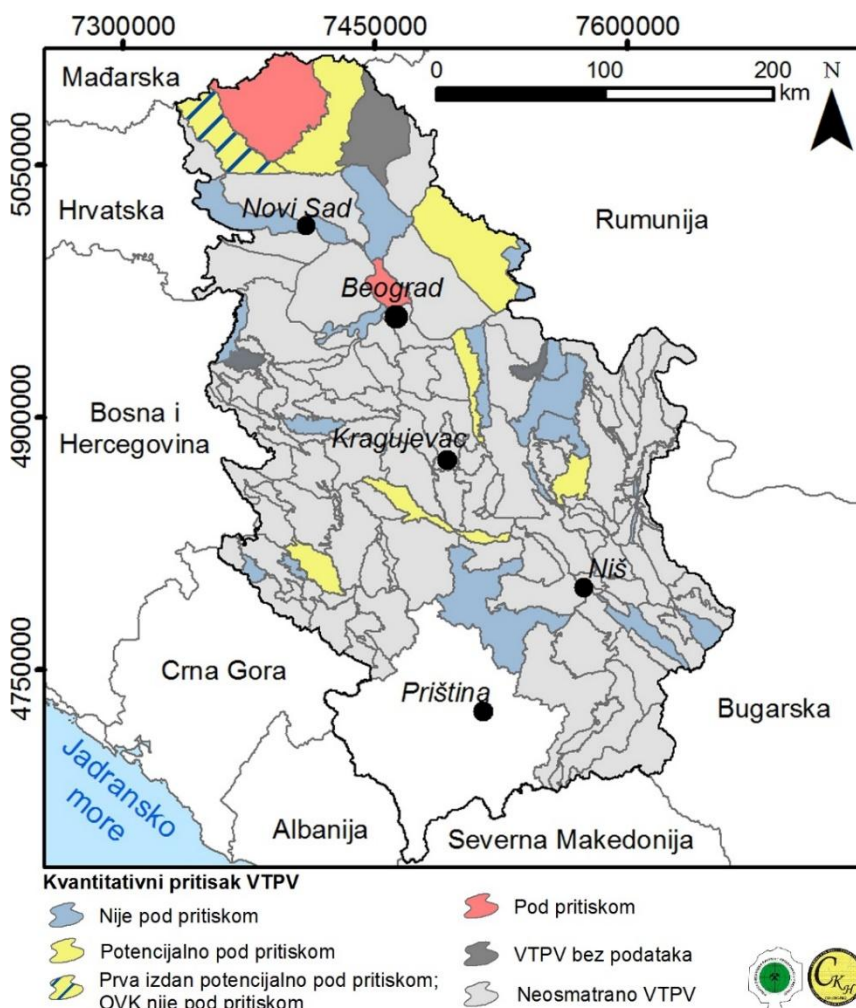
to je bio jedan od glavnih razloga za nedostatak podataka u prolećnom periodu 2020. godine.

Opšti je zaključak da je generalni trend nivoa podzemnih voda u opadanju na teritoriji Vojvodine (Bačka i Banat, pre svega) u okviru Osnovnog vodonosnog kompleksa, što je u skladu i sa prethodnim procenama i istraživanjima koja su sprovedena na ovom prostoru [6, 7, 16]. Međutim, iako postoji negativni trend nivoa podzemnih voda, može se reći da situacija nije alarmantna, zbog relativno niske veličine depresijacije nivoa, i s obzirom na geološke i hidrogeološke karakteristike prostora Vojvodine, kao i činjenice da je oblast prihranjivanja predmetnih izdani uglavnom veoma udaljena od mesta zahvatanja podzemne vode (Slika 3). U nekim slučajevima zabeležen je i pozitivan trend nivoa podzemnih voda u okviru određenih plitkih izdani.

U Subotici i Bečeju, je na primer zabeležena značajnija depresijacija nivoa izdani. Tako je lokalna depresijacija dinamičkog nivoa tokom perioda istraživanja bila reda veličine 1 m/god što je jedan od izraženijih uočenih trendova. Međutim, da bi se precizno ustanovila regionalna depresijacija dinamičkog nivoa, neophodno je sistematski pratiti eksploatacioni kapacitet vode iz bunara, i merenja vršiti izvan neposredne zone uticaja rada grupe bunara.



Slika 3. Karakterističan nivogram i trend dinamičkog i statičkog nivoa u bunaru B-4A na izvorištu „Jaroš“ u Somboru u periodu 2017-2020



Slika 4. Karta kvantitativnog pritiska vodnih tela podzemnih voda RS

Većina vodnih tela podzemnih voda nije pod pritiskom sa aspekta kvantiteta, dok je ukupno 7 vodnih tela *pod potencijalnim kvantitativnim pritiskom* (Slika 4). Samo za 2 vodna tela utvrđeno je da su u kategoriji *pod kvantitativnim pritiskom*. Treba napomenuti da registrovani negativan trend nivoa podzemnih voda u okviru većine osmatranih vodnih tela nije bio kritičan, odnosno da je najčešća amplituda bila santimetarskog reda veličine.

4. DISKUSIJA - PREDLOG ODRŽAVANJA I DALJEG RAZVOJA MONITORING MREŽE PODZEMNIH VODA

Prema zakonskoj regulativi Republike Srbije, nacionalna monitoring mreža podzemnih voda je u nadležnosti RHMZ, koji ima obavezu osmatranja

kvantiteta podzemnih voda i AŽS, koja ima obavezu osmatranja kvaliteta podzemnih voda, i to u skladu sa godišnjom uredbom koju donosi Vlada Republike Srbije.

Monitoring mrežom u nadležnosti RHMZ-a obuhvaćene su isključivo izdani intergranularnog tipa sa slobodnim ili nivoom pod pritiskom. Poslednji hidrološki godišnjak objavljen od strane RHMZ, navodi da je na teritoriji Srbije u toku 2019. godine vršeno osmatranje kvantiteta podzemnih voda na ukupno 340 piježometra, od kojih je na 162 meren samo nivo podzemnih voda, dok je na 151 piježometru pored nivoa PV, merena i temperatura podzemnih voda. Takođe, podaci sa 27 piježometara su ocenjeni kao nepouzdana, te stoga nisu prikazani u ovom hidrološkom godišnjaku. Od ukupnog broja objekata, osmatranje nivoa podzemnih voda vršeno je

sledećom dinamikom: svakodnevno na 65 piježometara, šest puta mesečno na 40 piježometara, tri puta mesečno na 204 piježometara, a dva puta mesečno na 4 piježometra. Sa druge strane, na 143 piježometra osmatrana je, osim nivoa podzemnih voda i temperatura podzemnih voda, sledećom frekvencijom: na 68 piježometara merenje temperature je vršeno tri puta mesečno, na 23 piježometra šest puta mesečno, a na 60 piježometara svakodnevno.

Prema godišnjoj uredbi i izveštaju dostupnom na sajtu AŽS kvalitet podzemnih voda je u 2018. godini osmatran na ukupno 53 piježometra. Kao što je slučaj sa monitoring mrežom u nadležnosti RHMZ-a, i monitoring mreža kvalitativnog statusa u nadležnosti AŽS je koncentrisana na piježometre u aluvijonima većih rečnih tokova, odnosno na teritoriju Vojvodine.

Fokusiranje kvalitativnog i kvantitativnog monitoringa podzemnih voda na intergranularni tip izdani u aluvijonima većih reka, može se opravdati činjenicom da je kvalitet voda intergranularnog tipa izdani pod većim pritiskom u odnosu na kvalitet podzemnih voda izdani karstne ili pukotinske poroznosti. Generalno, VTPV koje se nalaze u Vojvodini u okviru „Osnovnog vodonosnog kompleksa“ i aluvijonima većih rečnih tokova u centralnoj Srbiji, koja su i prethodno ocenjena da se nalaze pod pritiskom, rezultatima sprovedenog istraživanja pokazalo se da su ove pretpostavke i procene uglavnom potvrđene.

Operativni monitoring podzemnih voda RS pokazao je da većina vodnih tela, generalno ima dobar kvalitet vode. Tako, na primer podzemne vode u okviru vodnih tela Istočni Srem – OVK, Beli Timok – al, Negotin-Kladovo, V. Morava aluvijon – desna obala, Golubac – karst, Ravanica, Nepričava i Suva planina se odlikuju dobrim kvalitetom, uz povremeno pojavljivanje povišene mutnoće, povećanog utroška $KMnO_4$ ili povišene koncentracije gvožđa ili mangana što u prirodnim uslovima aluvijalnih izdani ne predstavlja značajan problem, a postizanje optimalnog kvaliteta vode za piće postiže se uz primenu odgovarajućeg tretmana, uglavnom aeracije. S druge strane ustanovljeno kolebanje ovih parametara može indikovati postojanje određenih pritisaka (lokalnih) na kvalitet podzemnih voda, pa je i u slučaju ovih vodnih tela neophodno nastaviti operativni monitoring podzemnih voda.

Što se tiče ostalih vodnih tela, generalno su potvrđene pretpostavke o problemima koji uzrokuju slabiji prirodni kvalitet vode, stoga je potrebno nastaviti

monitoring podzemnih voda u okviru ovih izdani tj. VTPV. Takođe, predlaže se i povećanje broja osmatračkih objekata u okviru vodnih tela za koje je utvrđeno postojanje pritiska tj. potvrđen slabiji kvalitativni status podzemnih voda.

Proširenje aktuelne mreže monitoring objekata je nužan korak kojim bi se ispunio uslov ravnomernije pokrivenosti teritorije Srbije monitoring mrežom podzemnih voda. Takođe, Republika Srbija bila bi korak bliže ispunjenju uslova koji proističu iz Poglavlja 27 u okviru pristupnih pregovora Srbije za članstvo u EU. Proširenje nacionalne monitoring mreže podzemnih voda trebalo bi vršiti u pravcu pokrivanja VTPV koja su pod najvećim pritiskom. Nažalost, u Srbiji postoji čak reversni trend, broj osmatračkih objekata koji se nalaze u okviru monitoring mreže podzemnih voda pod ingerencijom RHMZ i AŽS je čak u opadanju (na osnovu izveštaja za period 2011-2019. godinu, dostupnih na web portalima ovih institucija).

Priključivanje monitoring punktova, koji su osmatrani u okviru operativnog monitoringa podzemnih voda postojećim osmatračkim objektima RHMZ i AŽS, bio bi najlogičniji izbor. Nacionalnoj mreži bi trebalo pridodati i deo objekata koji se nalaze pod osmatranjima JP „Đerdap“ i JVP „Vode Vojvodine“, a kad je u pitanju kvalitet vode i deo objekata izvorišta čiji kvalitet vode prate regionalni zavodi za javno zdravlje sa akreditovanim laboratorijama. Drugim rečima, osmatranje podzemnih voda i posebno identifikovanih kritičnih VTPV sa aspekta ugroženosti kvaliteta i/ili kvantiteta podzemnih voda treba da pređe u nadležnost više nacionalnih institucija i organizacija koje vrše monitoring podzemnih voda u Srbiji. Naravno, da bi došlo do realizacije ovog koncepta, neophodno je usmeriti i dodatna značajnija finansijska sredstva na osmatranje režima podzemnih voda.

Dalji razvoj takve monitoring mreže podrazumevao bi postepeno uključivanje i preostalih vodnih tela podzemnih voda, za koje je procenjeno da su pod (potencijalnim) pritiskom ili za koje nije bilo dovoljno informacija kako bi se odredila kategorija pritiska. Shodno tome, za ta vodna tela treba uspostaviti tzv. istraživački monitoring, iako ovaj termin nije prisutan u ODV kada su podzemne vode u pitanju, a koji bi pomogao u definisanju vrste monitoringa u budućem periodu.

Istovremeno u obzir se mora uzeti i činjenica da je samo jedan osmatrački punkt po jednom vodnom telu nedovoljan da se donesu pouzdani zaključci o

postojanju pritiska u celom vodnom telu. Prema tome, pravac razvoja nacionalne mreže monitoringa podzemnih voda mora biti i pogađavanje tačaka osmatranja u okviru VTPV, posebno onih izvan postojeće mreže RHMZ i AŽS. Takođe, mora se obratiti pažnja i na širenje mreže po dubini vodnog tela, naročito kod vodnih tela na teritoriji Vojvodine, gde svaki vodonosni horizont koji je zahvaćen ima uočljive razlike u kvalitetu (a često i kvantitetu) u odnosu na povlatne/podinske slojeve. Preporuka je da se u budućem razvoju mreže monitoringa „proveri“ status pojedinih vodnih tela za koja je inicijalno procenjeno da nisu pod pritiskom.

5. ZAKLJUČAK

Postojeća mreža monitoringa podzemnih voda Republike Srbije, koja je pod ingerencijom RHMZ i AŽS, nema odgovarajuću prostornu distribuciju objekata, kao ni pokrivenost vodnih tela podzemnih voda. Nedostatke je potrebno ispraviti u najskorije vreme, s obzirom da se adekvatnim integrisanjem podataka sa izvorišta PV u sistem nacionalne monitoring mreže, može ostvariti značajna racionalizacija troškova monitoringa i dobra pokrivenost teritorije Republike Srbije. Tome doprinosi i potencijalna integracija osmatračkih objekata koji su uspostavljeni prilikom realizacije projekta „Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije“ u sistem AŽS i RHMZ, čime bi se ravnomernije osmatrali i ostali tipovi izdani, a ne samo intergranularna izdan na teritoriji Vojvodine i u okviru aluvijona većih reka u centralnoj Srbiji.

Budući da još uvek nisu definisane kritične vrednosti prirodnog sadržaja hemijskih parametara u vodi na teritoriji RS, određivanje pritiska na kvalitet podzemnih voda izvršeno je na osnovu poređenja rezultata hemijskih analiza sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama u vodi za piće. Ocena kvalitativnih pritiska na podzemne vode pokazala je da od ukupno 41 VTPV uključenog u kvalitativni monitoring u ovom projektu, 20 VTPV pripada kategoriji „nije pod pritiskom“, 4 VTPV je okarakterisano kao „potencijalno pod pritiskom“, dok je 17 VTPV ocenjeno kao „pod pritiskom“.

Ocena kvantitativnih pritiska na podzemne vode izvršena je na osnovu trendova statičkih i/ili dinamičkih nivoa podzemnih voda, tj. na osnovu dostupnih podataka o izdašnosti vrela. Treba istaći da negativan trend nivoa podzemnih voda u okviru konkretnih vodnih tela ne znači nužno i pritisak na kvantitet. Često je reč

samo o lokalnom uticaju eksploatacije. Primena ovakvog koncepta ocene kvantitativnih pritiska na podzemne vode pokazala je da od ukupno 34 VTPV, 22 VTPV pripadaju kategoriji „nije pod pritiskom“, 7 VTPV je okarakterisano kao „potencijalno pod pritiskom“, dok su 2 VTPV ocenjena kao „pod pritiskom“. Tri VTPV nisu mogla biti kategorisana prema kvantitativnim pritiscima, iz objektivnih razloga (nedostavljanje podataka od strane korisnika ili nemogućnost instalacije automatskih mernih uređaja).

Mora se istaći da se kvantitet podzemnih voda ne osmatra u obimu koji je potreban za definisanje budućeg održivog i racionalnog korišćenja. Da bi se ovo realizovalo potrebno je da korisnici mere ne samo količine iscrpene (zahvaćene) vode, već i nivo podzemne vode, kao i količine prelivnih voda koje su višak i ne ulaze u sistem vodosnabdevanja, i da o tome redovno izveštavaju nadležne institucije. S druge strane, kvalitet podzemnih voda se osmatra frekventnije i podaci ovih analiza su dostupniji stručnoj javnosti preko nadležnih institucija.

Kako su rezultati operativnog monitoringa kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika podzemnih voda dali rezultate od značaja za potrebe daljeg korišćenja i zaštite od zagađivanja, od velike je važnosti održavati ovako formiranu dopunsku monitoring mrežu i nastaviti postepeno proširivanje nacionalne monitoring mreže, kojom bi se obuhvatio veći broj vodnih tela koja se već koriste ili imaju tendenciju da se ubuduće koriste u svrhu vodosnabdevanja.

ZAHVALNOST

Istraživanja su realizovana sredstvima Ministarstva zaštite životne sredine i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (Projekat OI176022) na čemu se autori rada zahvaljuju.

LITERATURA

- [1] European Commission: Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a Framework For Community Action in the Field of Water Policy the European Parliament and the Council of the European Union, Brussels, 2000.
- [2] Đurić D., Josipović J., Zogović D., Komatina M., Stevanović Z., Đokić I., Lukić V.: ICPDR Roof Report for 2004; Institute WM “J. Černi”, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of Serbia, Belgrade, 2004.

- [3] European Commission: Guidance Document No. 18 - Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment, 2012.
- [4] Službeni Glasnik RS: Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda, br. 96/2010
- [5] Denić Lj., Stojanović Z., Dopuđa-Glišić T., Čađo S., Đurković A., Novaković B., Domanović M.: Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2018. godinu, Ministarstvo zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd, 2019.
- [6] Stevanović Z., Dokmanović P.: Projekat proširenja mreže stanica podzemnih voda u Srbiji, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, fondovska dokumentacija, 2015.
- [7] Grupa autora Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ i Geološkog instituta Srbije: Godišnji izveštaji po Projektu „Monitoring podzemnih voda Srbije“ (2006-2011), u okviru Grupe Strateških projekata Ministarstva za Rudarstvo i Energetiku i Direkcije za vode RS: Istraživanje, optimalno korišćenje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima Srbije, Beograd, 2011.
- [8] Stevanović Z., Papić P.: The origin of groundwater. In: Groundwater management in large river basins, eds. M. Dimkić, H.J. Brauch, M. Kavanaugh. IWA Publ. London, pp. 218-246, 2008.
- [9] Vasić Lj.: Geneza i uslovi cirkulacije podzemnih voda kompleksnih karstnih sistema Kučajsko-beljaničkog masiva, Doktorska disertacija, Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2017
- [10] European Environment Agency: European waters, Assessment of status and pressures 2018. Publ. off. Luxembourg, p. 88, 2018.
- [11] Stevanović Z., Ristić Vakanjac V., Milanović S.: Conception to set up a new groundwater monitoring network in Serbia, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knjiga LXXVI, pp. 47-60, 2015.
- [12] Dokmanović P., Stevanović Z., Milanović Z., Hajdin B., Ristić Vakanjac V., Marinović V.: Projekcija razvoja osmatračke mreže podzemnih voda u Republici Srbiji, Vodoprivreda, Vol. 48, No 279-281, p. 53-62, 2016.
- [13] Stevanović Z., Petrović B., Marinović V., Milanović S., Vasić Lj.: Operativni monitoring podzemnih voda Republike Srbije, Završni izveštaj trogodišnjeg projekta (2017-2020), Ministarstvo zaštite životne sredine, Beograd, 2020.
- [14] Stevanović Z., Petrović B., Marinović V., Milanović S., Vasić Lj.: Konceptija i prvi rezultati uspostavljenog operativnog monitoringa podzemnih voda Srbije, Knjiga apstrakata XVII kongresa geologa Srbije, Vol. 2, Vrnjačka Banja, Srpsko Geološko Društvo, pp. 511-516, 2018.
- [15] Službeni Glasnik RS: Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, br. 28/2019
- [16] Dimkić M., Stevanović Z., Đurić D: Progress and improvement of the status of groundwater in Serbia, Proceedings of IWA Specialist Groundwater Conference, Belgrade, pp. 81-101, 2011.

OPERATIONAL GROUNDWATER MONITORING OF SERBIA - CONCEPT, RESULTS AND PROPOSAL OF INTEGRATION INTO THE EXISTING NETWORK

by

Zoran STEVANOVIĆ, Branislav PETROVIĆ, Veljko MARINOVIĆ, Ljiljana VASIĆ, Saša MILANOVIĆ
Faculty of Mining and Geology, Department of Hydrogeology, Centre for Karst Hydrogeology, Belgrade

Summary

The European Union (EU) stresses the importance of water management and protection of the quality of water in line with the principles of sustainable development. Practice has shown that problems related to the protection of water resources and the environment are particularly pronounced in economically less developed countries. Adaptation to EU standards in all areas, especially in the area of environmental regulations, has become a priority in the Republic of Serbia (RS) due to its on-going process of EU accession. The project initiated by the Ministry of Environmental Protection of Serbia "Operational monitoring of groundwater of the Republic of Serbia" was recently completed (2017-2020), and its aim was to create new bases, expand the groundwater monitoring network and improve protection of the water resources of the Danube basin. Preliminary delineation has defined 67 groundwater bodies (GB), but through several iterations the number of individual GBs in RS has reached 153. The Serbian Environmental Protection Agency (SEPA) is in charge of systematic monitoring of groundwater quality in the country, while monitoring the quantity of groundwater falls within the competence of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHSS). However, only about 20% of delineated GBs are under systematic observation. There is a noticeable disproportion within the spatial distribution of the observation network of groundwater bodies, in the monitoring of intergranular aquifers (groundwater bodies) on the one side, and in karst aquifers and artesian aquifers in sedimentary basins of Neogene age on the other (which are both scarcely observed). 28 GBs

and monitoring points (one point per GB) were selected in the initial phase of implementation. They were previously not systematically monitored and were assessed as *potentially under pressure* or *under pressure*. In the following annual cycles, the number of groundwater bodies in the monitoring network – i.e. observation points per groundwater body – increased so that, in the end, the total number of water bodies in the newly formed monitoring network was 50 while the number of monitoring points was 63. The analysis of the collected data showed that, in Serbia, groundwater in general is not under quantitative pressure (only two newly monitored GBs were found to be under pressure), while qualitative pressure does exist (around one half of all the newly monitored GBs are *under-* or *potentially under pressure*) and refers to areas with intensive agricultural (Vojvodina Province) and extensive mining activity (Majdanpek area in Eastern Serbia). In order to maintain the sufficient level of groundwater monitoring in the RS, it is necessary to integrate the newly selected monitoring points into the existing monitoring network, which is under the jurisdiction of the competent agencies (SEPA and RHSS). In addition, the national monitoring network could be further expanded by including other subjects involved in groundwater observation – public health institutes, public water management companies and waterworks.

Key words: groundwater body, operational monitoring, pressures on groundwater quantity and quality, Republic of Serbia

Redigovano 9.11.2020.