

Процена угрожености подземних вода применом GOD методе: случај изворишта за водоснабдевање Сопота

Милица Степановић, Драгољуб Бајић, Душан Поломчић, Стефан Шикман, Александар Новитовић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Процена угрожености подземних вода применом GOD методе: случај изворишта за водоснабдевање Сопота | Милица Степановић, Драгољуб Бајић, Душан Поломчић, Стефан Шикман, Александар Новитовић | Водопривреда | 2021 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006051>

PROCENA UGROŽENOSTI PODZEMNIH VODA PRIMENOM GOD METODE: SLUČAJ IZVORIŠTA ZA VODOSNABDEVANJE SOPOTA

Milica STEPANOVIĆ¹, Dragoljub BAJIĆ¹, Dušan POLOMČIĆ¹, Stefan ŠIKMAN¹ Aleksandar NOVITOVIĆ²

¹Univerzitet u Beogradu, Rudarsko- geološki fakultet

²Geo Graditelj DOO, Beograd

REZIME

Ranjivost podzemnih voda na zagađivanje predstavlja jednu od najbitnijih stavki koja se ispituje prilikom planiranja i otvaranja izvorišta za vodosnabdevanje u pogledu njegove zaštite. Izvorište podzemnih voda JKP „Sopot“ formirano je u okviru kompleksa stena neogene i kvartarne starosti. S obzirom na date konkretne geološke, hidrogeološke, hidrodinamičke uslove terena, odnosno stepen istraženosti istih, za određivanje ranjivosti ovog područja izabrana je GOD metoda. Kao indeksna (parametarska) metoda uključuje poznavanje samo tri faktora: okolnosti u kojima egzistiraju podzemne vode, sveukupnu litologiju i dubinu do nivoa podzemnih voda. Navedenom metodom dobijene su odgovarajuće karte ranjivosti, koje su zapravo predstavljale podlogu za delinaciju zona sanitarne zaštite na izvorištu.

Ključne reči: ranjivost podzemnih voda, izvorište podzemnih voda, karte ranjivosti, zone sanitarne zaštite

1. UVOD

Podzemne vode u mnogim zemljama predstavljaju jedini izvor vodosnabdevanja stanovništva, što dovoljno govori o tome koliko je značajno ovaj resurs adekvatno zaštititi od zagađivanja, ili, bolje rečeno, sprečiti da do istog dođe. Zakonska regulativa u vezi zaštite podzemnih voda od zagađivanja u našoj zemlji definisana je Zakonom o vodama [18] i Zakonom o zaštiti životne sredine [19], kao i „Pravilnikom o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja“ [15]. U tom smislu, i karte ranjivosti sve više dobijaju na značaju, jer se na osnovu njih može utvrditi osetljivost izdani na zagađivanje sa površine terena [2]. One mogu poslužiti kao smernica pri prostornom planiranju i razvoju strategije u vezi sa zaštitom i upravljanjem podzemnim vodama. Navedene

karte se sve više koriste u svetu, a i kod nas, za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda, kao jedne od preventivnih mera koje se sprovede. Za izradu ovih karata razvijen je veliki broj metoda koje su prilagođene konkretnim geološkim, hidrološkim i hidrogeološkim uslovima prirodne sredine. Ovim metodama se obično vrši procena zaštitne uloge nadizdanske zone. Najčešće primenjivane metode za ocenu stepena ranjivosti podzemnih voda su: DRASTIC [1], GLA [10], EPIK [3], PI [9] i GOD [5]. GOD metodu koristili su brojni autori tokom svojih istraživanja [7], [11], [13], [16], [17]. U ovom radu je prikazana primena GOD metode na primeru izvorišta JKP „Sopot“ na osnovu koje je data ocena ranjivosti podzemnih voda i utvrđene zone sanitarne zaštite izvorišta. Kao podloge za definisanje ranjivosti podzemnih voda korišćeni su i rezultati hidrodinamičkog modeliranja.

2. ISTRAŽNO PODRUČJE

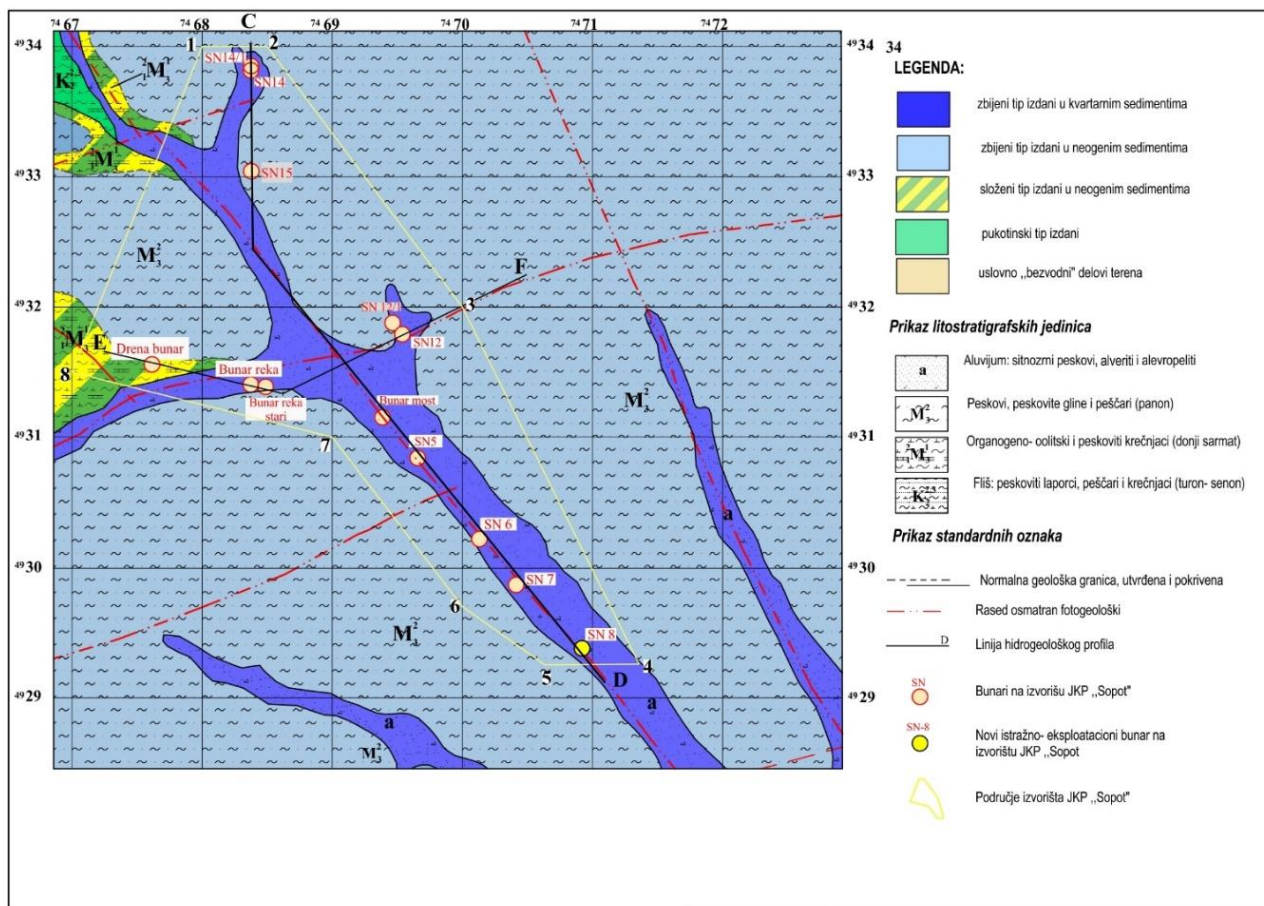
Izvorište podzemnih voda JKP „Sopot“ nalazi se na teritoriji istoimene opštine, 40 km južno od Beograda u centralnoj Srbiji. Pripada zapadnom delu lista OGK Smederevo [21]. Glavno obeležje u hidrografskom smislu daju dve reke: Lug, koji protiče neposredno uz bunar SN-7 i reka Ralja koja protiče severno od istražnog područja. Sadašnje vodosnabdevanje opštine Sopot (naselje Sopot, Đurinci, Popović, Nemenikuće, Ralja, Nestorovac, Parcani, Mala Ivanča, Mali Požarevac, deo Ropočeva, Drlupe, Dučine, Rogače) odvija se preko 12 bunara koji se nalaze na izvorištu, međutim mnoga domaćinstva i dalje koriste kopane bunare za individualno vodosnabdevanje [14]. Bunari su bušeni rotacionom metodom sa direktnom cirkulacijom isplake, osim bunara Most koji je bušen reversnom metodom. Početni prečnici bušenja su različiti i kreću se od 500 mm (bunar Reka Stari) do 350 mm (bunar SN-7). U objekte je ugrađivana PVC bunarska konstrukcija,

osim u slučaju bunara SN-15, SN-12 i SN 12-1 koji su „open hole“. Bunar SN-7 je najdublji (180 m), dok najmanju dubinu imaju bunari SN-15 i bunar Reka Stari (51 m). Kapacitet bunara takođe je različit, pa tako bunar Most predstavlja najproduktivniji bunar, kapaciteta od oko 14 l/s. Kapacitet ostalih bunara kreće se u rasponu od 1,5 l/s do 7 l/s. Raspored vodozahvatnih objekata prikazan je na slici 1. Voda se zahvata iz donjesarmatskih krečnjaka i peskova. Prosečni kapacitet izvorišta je oko 41, 7 l/s.

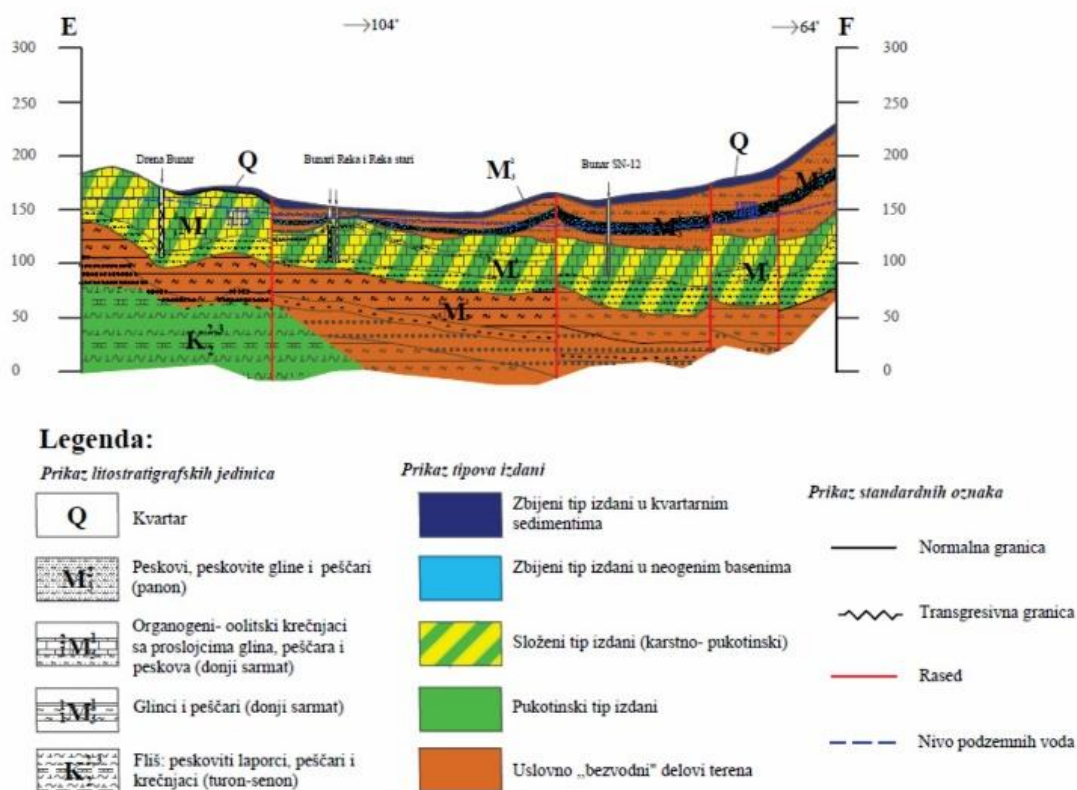
Na osnovu sprovedenih geoloških, hidrogeoloških, geofizičkih istraživanja na datom istražnom terenu, mogu se izdvojiti sledeći tipovi izdani [12] (slike 1 i 2): *zbijeni tip izdani u kvartarnim sedimentima, zbijeni tip izdani u neogenim sedimentima, složeni tip izdani u neogenim sedimentima, pukotinski tip izdani i uslovno „bezvodni“ delovi terena.*

Sa hidrogeološkog aspekta, najveći značaj za vodosnabdevanje imaju donjesarmatski krečnjaci (složeni tipa izdani) jer se u okviru njih mogu dobiti količine podzemnih voda ukupnog kapaciteta do oko 7 l/s (po bunaru). Izdan je pod pritiskom, a prihranjivanje iste vrši se infiltracijom na mestima gde ovi sedimenti isklinjavaju na površinu terena, zatim kroz kvartarne sedimente u povlati, kao i podinskih, hipsometrijski nižih slojeva duž rasednih zona. Dreniranje se vrši na račun isticanja duž rasednih zona u druge peskovite slojeve, isticanjem u aluvijalne nanose većih vodotoka, isticanjem preko izvora i crpenjem vode bušenim bunarima. Vrednost koeficijenta filtracije donjesarmatskih krečnjaka se kreće od oko $1,6 \times 10^{-4}$ m/s do $1,73 \times 10^{-6}$ m/s.

Nakon zahvatanja, vode se potisnim cevovodima odvođe najpre do hlorne stanice, a zatim do rezervoara, odakle se distribuiraju do većeg broja potrošača opštine Sopot.



Slika 1. Hidrogeološka karta istražnog područja (prema [21])



Slika 2: Hidrogeološki profil (prema [12])

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Koncept ranjivosti podzemnih voda baziran je na pretpostavci da fizičko okruženje obezbeđuje određeni stepen zaštite podzemnih voda prema prodoru zagađivača u datu sredinu. Prilikom infiltracije zagađene vode kroz nezasićenu zonu, ista se može prirodno prečistiti do određenog stepena prolazeći kroz pore tla i stena [4]. Autopurifikaciona (samoprečišćavajuća) svojstva izdani podrazumevaju sveukupni uticaj fizičkih, hemijskih i bioloških procesa u zemljištu (steni) koji se odražavaju na transport zagađivača kroz sredinu [20].

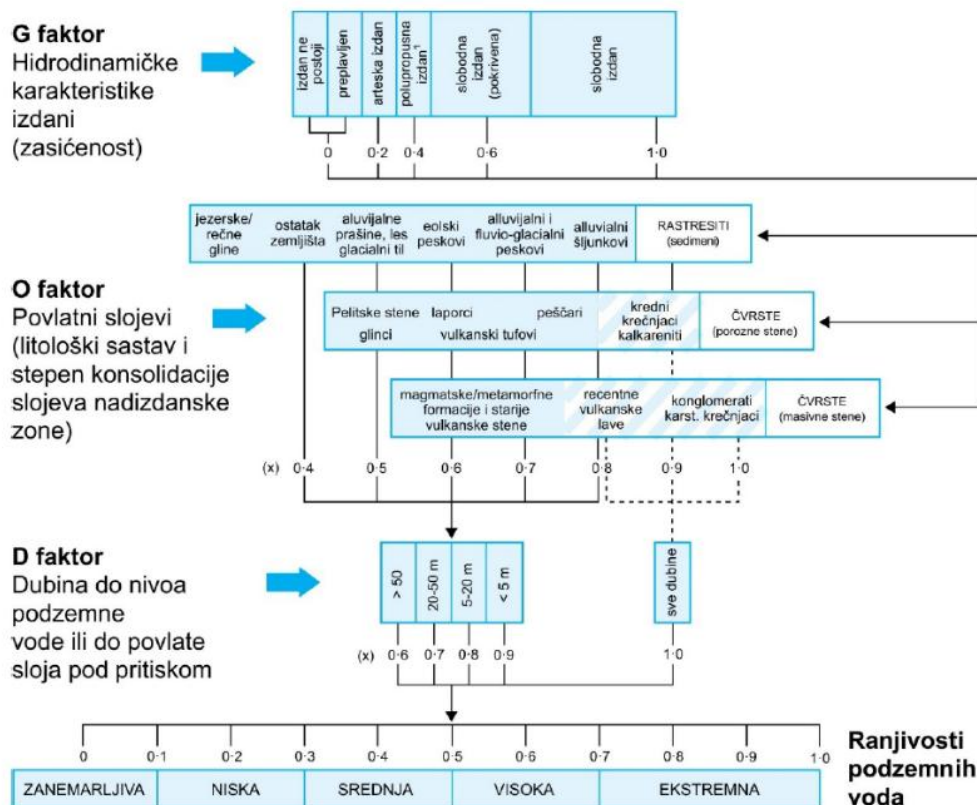
Osnovna svrha izrade karte ranjivosti podzemnih voda je klasifikacija i izdvajanje područja sa različitim stepenom ranjivosti. Tako izdvojena područja (odnosno, klase ranjivosti) prikazuju se različitim bojama koje simbolizuju različite stepene ranjivosti [6]. Formiranjem takve karte obezbeđuje se kvalitetna osnova za upravljanje planskim dokumentima (npr. prostorni plan

nekeg područja), određivanje zona sanitarne zaštite kao i dalje usmeravanje primenjenih hidrogeoloških istraživanja i pravilan odabir detaljnosti hidrodinamičkog modela.

Na datom istražnom području urađena je sveobuhvatna analiza terena šire okoline izvorišta, sa ciljem izrade karte ranjivosti podzemnih voda u okviru geoloških kompleksa stena neogene i kvartarne starosti. Kao adekvatna za tu svrhu korišćena je GOD metoda [16]. Navedena metoda spada u grupu indeksnih metoda i omogućava da se izvrši kartiranje ranjivosti podzemnih voda na osnovu tri bitna parametra: hidrodinamičkih karakteristika izdani, litološkog sastava i stepena konsolidacije slojeva u zoni aeracije i dubini do nivoa podzemnih voda ili sloja pod pritiskom. Svaka parametarska podela ima svoju numeričku vrednost i sve tri vrednosti se množe da bi se dobio indeks ranjivosti podzemnih voda (slika 3). Za svaki od tri navedena faktora, dobija se posebna karta, a potom se ove tri karte preklapaju da bi se dobio finalni indeks

ranjivosti (GOD), odnosno karta ranjivosti. Inače, metoda je namenjena za određivanje opšte ranjivosti podzemnih voda [7]. To dalje znači da se za ocenu mogućnosti zagađivanja u obzir uzimaju geološki, hidrološki i hidrogeološki parametri sredine. Specifične karakteristike zagađujućih supstanci i scenario zagađivanja se zanemaruju [20]. Sa druge strane, postoji

i tzv. specifična ranjivost, koja se koristi za definisanje ranjivosti podzemnih voda na određene zagađujuće supstance [8]. Mnogi istraživači smatraju ovu drugu vrstu ranjivosti značajnijom, jer neki faktori, svojstveni opštoj ranjivosti (npr. dubina do nivoa podzemnih voda, prihranjivanje i sl.), mogu biti izmenjeni zbog sve većeg uticaja antropogenih aktivnosti.



Slika 3. GOD sistem za ocenu ranjivosti podzemnih voda (modifikovano, [6])

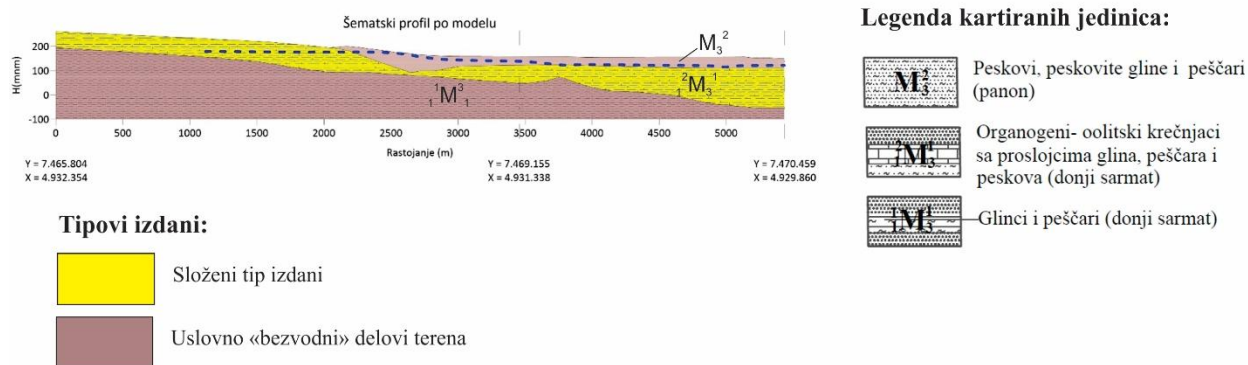
Zone sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda JKP „Sopot“ u ovom slučaju određene su na osnovu dobijene karte ranjivosti, a u skladu sa Pravilnikom o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja [15]. Navedene zone treba da obezbede racionalnu i dugotrajnu eksploataciju, kao i očuvanje kvalitativno- kvantitativnih karakteristika zahvaćenih voda. U skladu sa Pravilnikom određene su ukupno tri zone sanitarne zaštite.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Analiza za potrebe izrade karte ranjivosti šireg područja izvorišta JKP „Sopot“ započinje analizom hidrodinamičkih karakteristika u predmetnom

vodonosnom horizontu u donjesarmatskim krečnjacima i peskovima. Mernjima na terenu i hidrodinamičkom analizom, može se konstatovati da je na čitavom području osmatranja ova izdan sa subarteskim nivoom, osim u severozapadnom delu terena gde ovaj sloj isklinjava na površinu, te je u toj zoni ova izdan sa slobodnim nivoom, kako je prikazano na profilu (slika 4), na osnovu hidrogeološkog i hidrodinamičkog modela.

Druga karakteristika predmetne izdani je da je formirana u donjesarmatskim krečnjacima i peskovima, sa koeficijentom filtracije reda veličine $1,8 \times 10^{-6}$ – 2×10^{-4} m/s.

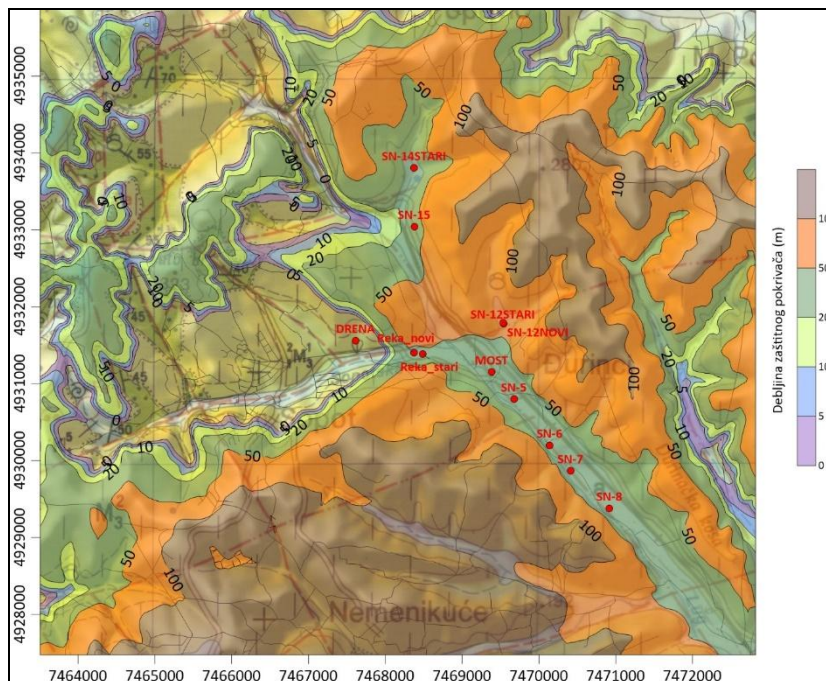


Slika 4. Šematski profil po modelu

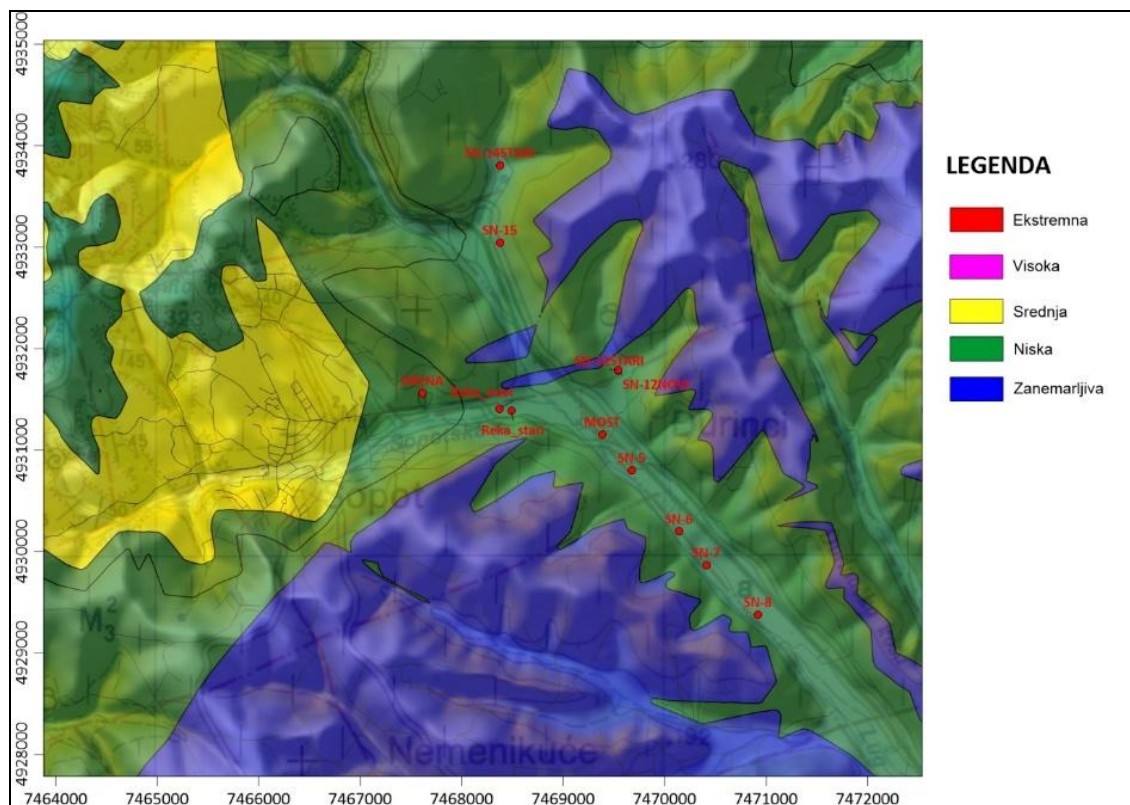
Na osnovu rezultata dobijenih hidrodinamičkim modeliranjem i sintezom postojećih geoloških/hidrogeoloških istraživanja, debljina zaštitnog pokrivača (odnosno, dubina do vodonosnog horizonta) prikazana je na slici 5. Na osnovu date karte, može se zaključiti da se najveća debljina zaštitnog pokrivača javlja u oblasti rasprostranjenja panonskih sedimenta-peskova, peskovitih gline i peščara (do 100 m) koji predstavljaju povlatu donjesarmatskim peskovima i krečnjacima. U zoni bunara, u okviru aluvijalnih sedimenta debljine iznose od 10 do 20 m. Aluvijalni sedimenti čine povlatu panonskim sedimentima. Velike

debljine zaštitnog pokrivača iznad vodonosnog horizonta, utiće na smanjenje stepena ranjivosti na ovom području.

Karta ranjivosti podzemnih voda (slika 6) na datom istražnom području izrađena je u okviru GIS softvera i predstavlja rezultat preklapanja karata G faktora (hidrodinamičke karakteristike izdani), O faktora (povlatni slojevi- litološki sastav i stepen konsolidacije slojeva nadzidanske zone) i D faktora (dubina do nivoa podzemne vode ili povlate sloja pod pritiskom).



Slika 5. Karta zaštitnog povlatnog sloja iznad donjesarmatskih krečnjaka i peskova na širem području izvorišta JKP „Sopot“



Slika 6. Karta ranjivosti podzemnih voda šireg područja izvorišta JKP „Sopot“

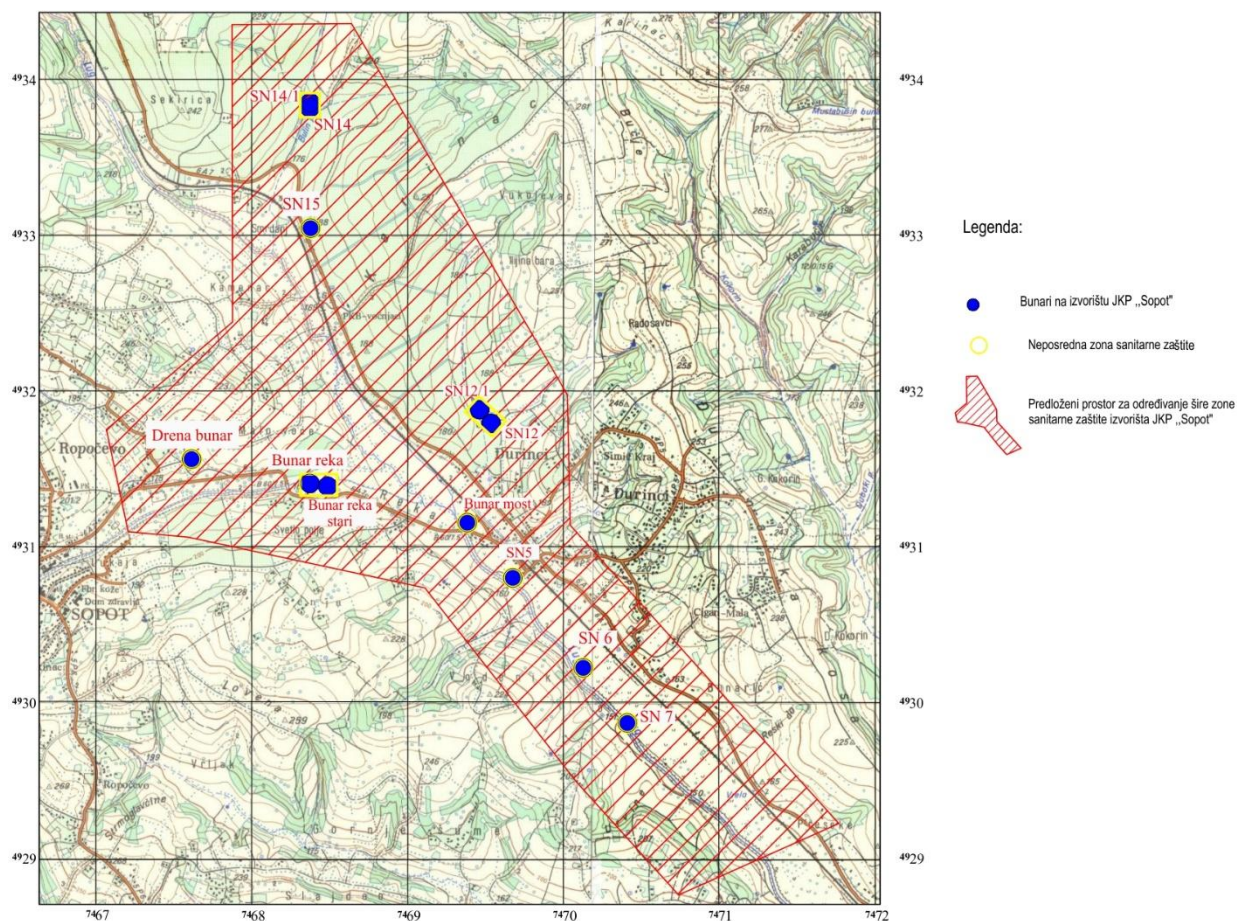
Na osnovu prikazane karte (slika 6), i uzimajući u obzir poznatu geometriju pokrivača (kvartarni sedimenti i panonske prašine i gline), poznati režim nivoa podzemnih voda, može se zaključiti da se izvorište nalazi u zoni niskog stepena ranjivosti.

Na slici 7 prikazane su zone sanitarne zaštite dobijene na osnovu analize karte ranjivosti. Kako je ranije navedeno, delinacija zona i propisivanje nedozvoljenih aktivnosti unutar zona izvršeno je u skladu sa važećim Pravilnikom [15]. Prema ovom Pravilniku, zona I sanitarne zaštite izvorišta obuhvata prostor od najmanje 10 m od vodozahvatnih objekata. Površina zone II (uže zone zaštite) mora biti dovoljna da pruži adekvatnu zaštitu voda od mikrobioloških, hemijskih, radioloških i drugih vidova zagađenja. Izdvajanje zone II izvršeno je na osnovu člana 14 navedenog Pravilnika, koji nalaže da se „zona II može izjednačiti sa zonom I kada je vodonosna sredina izdani u poroznoj sredini međuzrnskog tipa i izdani u poroznoj sedini karstno-pukotinskog tipa pokrivena povlatnim zaštitnim slojem koji neutrališe uticaj zagađivača sa površine terena“ [15]. Ovaj kriterijum je izabran iz razloga što na datom

istražnom terenu postoji povlatni zaštitni sloj velike debljine, kao i zbog dubokog zaleganja izdani koja se kaptira za potrebe vodosnabdevanja opštine Sopot. Delineacija zone III (šire zone zaštite) vršena je na osnovu više kriterijuma: zakonskih, hidrogeoloških, kao i rezultata dobijenih izradom matematičkog modela. Prema važećem Pravilniku, prostiranje zone III ne može biti kraće od 1000 m od vodozahvatnog objekta u pravcu toka vode. Definisane ove zone zaštite u dosadašnjoj praksi, kada su u pitanju eksploatacioni bunari, zasniva se uglavnom na radijusu dejstva bunara. U planu, data izdan se prostire na dubini od 13 do 176 m uz postojanje glinovite povlate koja sprečava zagađenje sa površine terena. Najbliži vodonosni horizont je na bunaru Reka, na dubini od 13 m, čiji je radijus dejstva oko 400 m. Konture granice zone III na ovom bunaru su na udaljenosti od najmanje 500 m kako bi se u slučaju akcidenta blagovremeno delovalo. Ostali bunari zahvataju znatno dublje vodonosne horizonte. Radijusi dejstva bunara na izvorištu JKP „Sopot“ kreću se u rasponu 80-530 m. Dakle, granice ove zone najvećim delom obuhvataju površinu koja je okarakterisana kao površina niske ranjivosti. Uzimajući

u obzir odredbe Pravilnika, navedena zona će obuhvatiti nešto manji prostor od preporučenog (1000 m), ali u određenom meri i veći prostor koji bi bio formiran

sintezom površina radijusa dejstva svakog bunara pojedinačno.



Slika 7: Predložene zone sanitarne zaštite izvorišta JKP „Sopot“ (prema [12])

ZAKLJUČAK

Zaštita podzemnih voda predstavlja bitan segment kada je u pitanju razvoj strategije za održivo upravljanje i korišćenje ovog resursa i u našoj zemlji je definisana zakonom koji nalaže da je neophodno sprovesti različite preventivne i remedijacione mere zaštite. Izrada karata ranjivosti i zona sanitarne zaštite izvorišta i njihova primena u praksi, predstavlja preventivu meru, i za izradu ovih prvih razvijen je veliki broj metoda. Za sada nema opšte prihvaćene metode, jer izbor iste zavisi od konkretnih uslova na terenu. Navedene metode zahtevaju poznavanje većeg ili manjeg broja parametara, na osnovu kojih se određeni teren svrstava u jednu od kategorija u odnosu na ranjivost podzemnih voda. Zajednička osobina svih metoda je to da su

prilično subjektivne, tako da rezultati u velikoj meri zavise od autora, jer se veliki broj parametara određuje na osnovu procene.

Rezultati GOD metode, korišćene na primeru izvorišta JKP „Sopot“ u sinergiji sa rezultatima geoloških, hidrogeoloških, hidrodinamičkih istraživanja, sprovedenih na datom istražnom području, pokazali su da se ovo izvorište nalazi u zoni niskog stepena ranjivosti. Tome u prilog govore i velike debljine povlatnih slojeva iznad donjesarmatskih krečnjaka i peskova, koji štite vodonosni horizont od prodora zagađivača sa površine terena. Izuzetak predstavlja bunar Reka koji zahvata najbliži vodonosni horizont. Dobijena karta ranjivosti predstavljala je osnovu za definisanje zona sanitarne zaštite ovog izvorišta, a u

skladu sa važećim Pravilnikom. Navedeni Pravilnik propisuje određivanje tri zone sanitarne zaštite, kao i zabranu određenih aktivnosti u okviru definisanih zona. Prva zona sanitarne zaštite obuhvata prostor od 10 m od vodozahvatnog objekta; druga zona se u ovom slučaju može izjednačiti sa prvom, dok treća zona obuhvata prostor od najmanje 1000 metara od vodozahvatnog objekta.

Naučni značaj ovog rada ogleda se u povećanju svesti naučne javnosti o važnosti poznavanja ranjivosti podzemnih voda koja direktno utiče na preduzete ili buduće mere zaštite navedenog resursa. Pored toga, postojeće metode za izradu karata ranjivosti treba kontinuirano ispitivati, verifikovati i dopunjavati novim parametrima, kako bi se dobila što preciznija slika o eventualnoj ugroženosti podzemnih voda.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za pružanje podrške naučno- istraživačkoj delatnosti, neophodnoj za napredak društva zasnovanog na znanju.

LITERATURA

- [1] Aller L., Bennet T., Lehr JH, Petty RJ (1987): DRASTIC: a standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrologic settings. US EPA report, 600/2-87/035. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, 641 pp.
- [2] Chilton J. (2006): Assessment of aquifer pollution vulnerability and susceptibility to the impacts of abstraction, Protecting Groundwater for Health- Managing the Quality of Drinking-water Sources, Schmoll O., Howard G., Chilton J., Chours I. (eds), World Health Organization, London.
- [3] Döerflinger N., Zwahlen F. (1997): EPIK: A new method of outlining of protection areas in karstic environment, Karst Waters and Environmental Impacts, Gunay and Johnson (eds), Balkema, Rotterdam.
- [4] Filipović B., Vujasinović S. (1982): Zaštita podzemnih voda. Univerzitetski udžbenik. Beograd: Rudarsko- geološki fakultet, Grupa za hidrogeologiju.
- [5] Foster SSD. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: van Duijvenbooden W, van Waegeningh HG (eds) Proceedings and information in vulnerability of soil and groundwater to pollutants, vol. 38 TNO Committee on Hydrological Research, The Hague, pp 69-86.
- [6] Foster SSD., Hirata R. Gomes D., Elia M., Paris M. (2002): Groundwater Quality Protection: a guide for water utilities, municipal authorities, and environments agencies. The World Bank, Washington DC, USA, 103 pp.
- [7] Ghazavi R., Ebrahimi Z. (2015): Assessing groundwater vulnerability to contamination in an arid environment using DRASTIC and GOD models, International Journal of Environmental Science and Technology, 12 (9): 2909-2918. DOI: 10.1007/s13762-015-0813-2.
- [8] Gogu RC., Dassargues A. (2000): Current trends and future challenges in ground-water vulnerability assessment using overlay and index methods. Environ Geol 39(6):549-559.
- [9] Goldscheider N., Klute M., Sturm S., Hotzl H. (2000): The PI method- A GIS based approach to mapping groundwater vulnerability with special consideration of karst aquifers. Zeitschrift für angewandte Geologie, 46 (2000) 3: 157-166.
- [10] Hoeltig B., Haertle T., Hohberger KH., Nachtigall KH., Villingner E., Weinzierl W., Wrobel JP. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserueberdeckung, Geol. Jb., C, 63, p 5-24, Hannover.
- [11] Kaddour K. (2018): Groundwater vulnerability assessment using GOD method in Boulimat coastal District of Bejaia area North east Algeria. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 13 (No. 3): p 109-116.
- [12] Novitović A., Jankanj Z. (2020): Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta JKP „Sopot“ na lokaciji Đurinci, Geo Graditelj d.o.o., Beograd.
- [13] Olojuku I.K., Modereck G., Adeyinka O.S., Adebayo Y.M. (2017): Vulnerability Assessment of Shallow Aquifer Hand-Dug Wells in Rural Parts of Northcentral Nigeria using AVI and GOD Methods. The Pacific Journal of Science and Technology. 18(1): 325-333.
- [14] Petrović Pantić T., Atansković Samolov K., Mandić M. (2016): Hidrogeologija i vodoprivredna problematika na području Kosmaja, Mladenovca, Smedereva i Smederevske palanke. Vodoprivreda 0350-0519, Vol. 48, No. 282-284, p. 267-275.

- [15] Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja („Službeni glasnik RS“ br. 92/2008).
- [16] Rukmana S.A.B., Bargawa W.S. Cahyadi T.A. (2020): Assessment of Groundwater Vulnerability Using GOD method. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 477:012020. DOI: 10.1088/1755-1315/477/1/012020.
- [17] Satrika D., Muhni A., Rifqan R., Putra H.S. (2020): Groundwater Vulnerability to Pollution Using GOD Method in Banda Aceh City, Aceh Province. Journal of Aceh Physics Society 9(3):84-90. DOI: 10.24815/jacps.v9j3.17332.
- [18] Službeni glasnik RS 30/2010: Zakon o vodama.
- [19] Službeni glasnik RS 135/2004: Zakon o zaštiti životne sredine.
- [20] Vrba J. Zapororec A. (1994): Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability, International Contributions to Hydrogeology (IAH), 16: 131 p; Hannover.
- [21] Zavod za geološka, hidrogeološka, geofizička i geotehnička istraživanja: Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000 list L 34-126 Smederevo, Geozavod, Beograd, 1977.

ASSESSMENT OF GROUNDWATER VULNERABILITY USING GOD METHOD: CASE STUDY OF THE SOPOT SOURCES OF WATER SUPPLY

by

Milica STEPANOVIĆ¹, Dragoljub BAJIĆ¹, Dušan POLOMČIĆ¹, Stefan ŠIKMAN¹ Aleksandar NOVITOVIĆ²

¹University of Belgrade, Faculty of Mining & Geology

²Geo Graditelj DOO, Belgrade

Summary

The vulnerability of groundwater to pollution is one of the most important items to be examined when planning and opening a water supply source in terms of its protection. The source of groundwater called JKP „Sopot“ is formed within the complex of rocks of Neogene and Quarternary age. Considering the given specific geological, hydrogeological, hydrodynamic conditions of the terrain, i.e. the level of field research, the GOD method was chosen to determine the vulnerability of this area. As an index (parametric)

method, it involves knowing only three factors: the circumstances in which groundwater exists, the overall lithology, and the depth to groundwater level. Appropriate vulnerability maps were obtained by this method, which actually represent the basis for delineation of sanitary protection zones at the source.

Key words: groundwater vulnerability, groundwater source, vulnerability maps, sanitary protection zones.

Redigovano 3.11.2021.