

PROCJENA ZALIHA PITKE VODE TEMELJEM HIDROGEOLOŠKIH OBILJEŽJA NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNOG PRIGORJA

ASSESSMENT OF DRINKING WATER SUPPLIES BASED ON THE HYDROGEOLOGICAL FEATURES IN THE NORTH-EAST PART OF PRIGORJE

Filip Lovrić¹, Sanja Kapelj¹, Jelena Loborec^{1*}

¹ Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Zavod za hidrotehniku Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: jloborec@gfv.hr

Sažetak: Cilj ovog rada je na temelju hidrogeoloških obilježja procijeniti vrijednost zaliha pitke vode u području tzv. sesvetskog Prigorja koji pripada jugoistočnim obroncima Medvednice. Izvori Medvednice su općenito male izdašnosti, ali mnogobrojni, što omogućuje opskrbu vodom manjih naselja. Poznatih izvora je oko 230. Naselja koja imaju vodozahvate pod lokalnom samoupravom na području istraživanja su: Kašina, Planina Gornja, Planina Donja, Blaguša, Jesenovac, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec i Šimunčevac. Na području južnih obronaka Medvednice kao najznačajniji vodonosnici su izdvojeni dobro do srednje propusni mramorizirani (rekristalizirani) vapnenci paleozojske starosti, zatim dolomitno vapnenački kompleks srednjeg i gornjeg trijasa te karbonatno-klastične naslage badenske starosti. Izdašnosti izvora kreću se u rasponu od 1,0 l/s do 10 l/s. Prema rezultatima hidrogeoloških istraživanja koje se odnose na količine i kakvoću vode razvidno je da su raspoložive količine vode dostatne za broj stanovnika koji žive na tom području, ali raspodjela količina vode nije ujednačena po pojedinim naseljima. Raspoložive količine podzemnih voda mogu se povećati izgradnjom dodatnih kaptažnih objekata i zdenaca. Budući da će područje Seseveta u vrlo skorjoj budućnosti imati sve veće potrebe za vodom dijelom tehničke razine kakvoće, a dijelom i za ljudsku uporabu potrebno je spomenute resurse uzeti u obzir.

Ključne riječi: vodne zalihe, količina, kakvoća, Medvednica, Sesevete

Abstract: The aim of this paper is to assess the value of potable water supplies based on the hydrogeological features in the area called Sesevsko Prigorje, which belongs to the southeastern slopes of Medvednica mountain. Springs of Medvednica are generally numerous but with low flow, providing the water supply of small settlements in that area. Known springs are about 230. The villages that have water management under local self-government in the study area are: Kašina, Gornja Planina, Donja Planina, Blaguša, Jesenovac, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec and Šimunčevac. In the southern slopes of Medvednica, the most important aquifers are the well-to-medium marbled (recrystallized) limestones of the Paleozoic age, then the dolomitic limestone complex of the middle and upper thersias and the carbonate-clastic deposits of the Middle Ages. The flow of the springs ranges from 1.0 l/s to 10 l/s. According to the results of hydrogeological surveys related to the quantity and quality of water it is obvious that the available quantities of water are sufficient for the number of inhabitants living in the area, but the distribution of water quantities is not uniform for individual settlements. The quality of the affected groundwater is mostly bacteriologically contaminated due to the old and unmanaged local water supply network and the absence of wastewater drainage systems from households and commercial facilities. The rehabilitation and reconstruction of local waterworks and the introduction of modern methods of treatment of affected waters would significantly improve their quality. The available amounts of groundwater can be increased by building additional wells. Since the Sesevete area will have an increasing demand for water in the very near future, partly because of the technical quality level, and partly for human consumption, investigated resources should be taken into account.

Keywords: Water supplies, quantity, quality, Medvednica, Sesevete

Received: 10.05.2017 / Accepted: 11.07.2017

Published online: 21.07.2017

Znanstveni rad / Scientific paper

1. UVOD

Sve veća potreba za vodnim zalihama usmjerava nas na vrednovanje svakog potencijalnog izvora pitke vode. Stoga je i cilj ovog rada procijeniti vrijednost zaliha vode u području tzv. sesvetskog Prigorja koji pripada jugoistočnim obroncima Medvednice. Područje istraživanja je jednim dijelom zadržalo svojstva tipičnog prigorskog, odnosno zagorskog krajobraza u kojemu se isprepliću gradska, prigradska i seoska naselja s okolnim poljoprivrednim površinama (voćnjaci, vinogradi, obradive površine) i izdvojenim šumarcima. Naselja tipično seoskog karaktera koja su zadržala tradicionalni izgled u ovom dijelu Prigorja

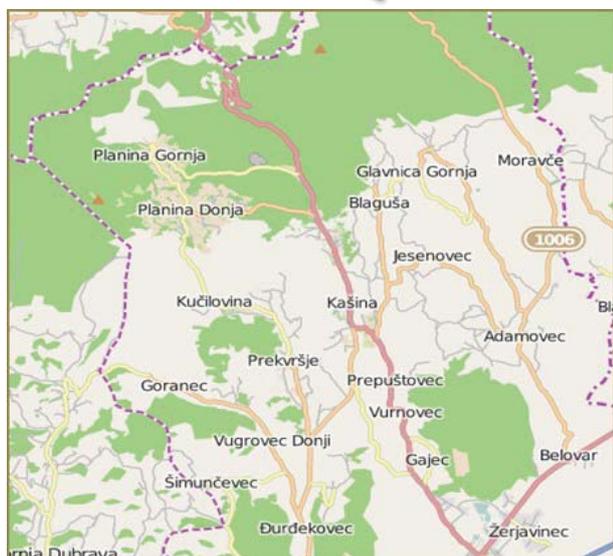
više ne postoje. Postoje samo relikti u obliku drvene gradnje pojedinih kuća i tradicijskih gospodarskih objekata. Većina vinograda ima male klijeti koje su samo jednim dijelom još tradicionalne gradnje, a jednim dijelom su izgrađene u obliku kućica za odmor.

Medvednica se ističe kao izdvojeni planinski masiv u širem prostoru savske nizine. Cjelinu Medvednice čine prividno odvojeni zapadni i istočni dio. Glavni masiv zapadnog dijela proteže se u dužini od 24 km. Nekoliko zaobljenih vrhova ujednačene visine čini vršnu zonu dugu oko 4,5 km s najvišim vrhom Sljemenom (1033 m n.m.). Glavni

masiv završava strmim poprečnim grebenom Lipa-Rog na kojega se nastavlja naizgled izdvojeni, znatno niži, istočni dio s najvišim vrhom Drenova (576 m n.m.). Izvori Medvednice su općenito skromnog kapaciteta, ali mnogobrojni, što omogućuje opskrbu vodom manjih naselja. Poznatih izvora je oko 230, a većih potoka je približno 75. Postoji i nekoliko toplih izvora različite kvalitete i izdašnosti (Stubičke Toplice, Zelina, Gornja Dubravica, Sutinska Vrela). Potoci Medvednice su u svojem donjem toku većinom onečišćeni otpadnim vodama, odlaganjem krupnog otpada i ugroženi vodnotehničkim zahvatima (retencijama, akumulacijama, kanaliziranjem) koje ujedno utječu i na kvalitetu i količinu podzemnih voda (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba 2008).

Naselja na obroncima Medvednice već se stoljećima koriste izvorima na svom području, a prije nekoliko desetaka godina mnogi su izvori kaptirani i izgrađena je lokalna vodoopskrbna mreža koju su financirali sami stanovnici. Nažalost, u većini slučajeva zbog neodržavanja i dotrajlosti lokalnih sustava vodoopskrbe, kakvoća vode u domaćinstvima često nije prikladna za ljudsku uporabu. U međuvremenu su neka naselja priključena na vodoopskrbni sustav grada Zagreba, ali se i dalje nastavljaju koristiti i izvorske vode i lokalna mreža za opskrbu pojedinih naselja i za druge potrebe. Naselja koja imaju vodozahvate pod lokalnom samoupravom na području istraživanja su: Kašina, Planina Gornja, Planina Donja, Blaguša, Jesenovec, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec i Šimunčevac.

Pregled dosadašnjih spoznaja i rezultati istraživanja provedeni za potrebe ovog rada trebaju potaknuti interes za očuvanje količine i kakvoće izvorskih vodnih zaliha kao pričuvnih količina vode koje se mogu dodatno koristiti za vodoopskrbu, na primjer u akcidentnim situacijama i/ili namijeniti lokalnoj zajednici za druge potrebe.



Slika 1. Prostorni položaj istraživanog područja

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

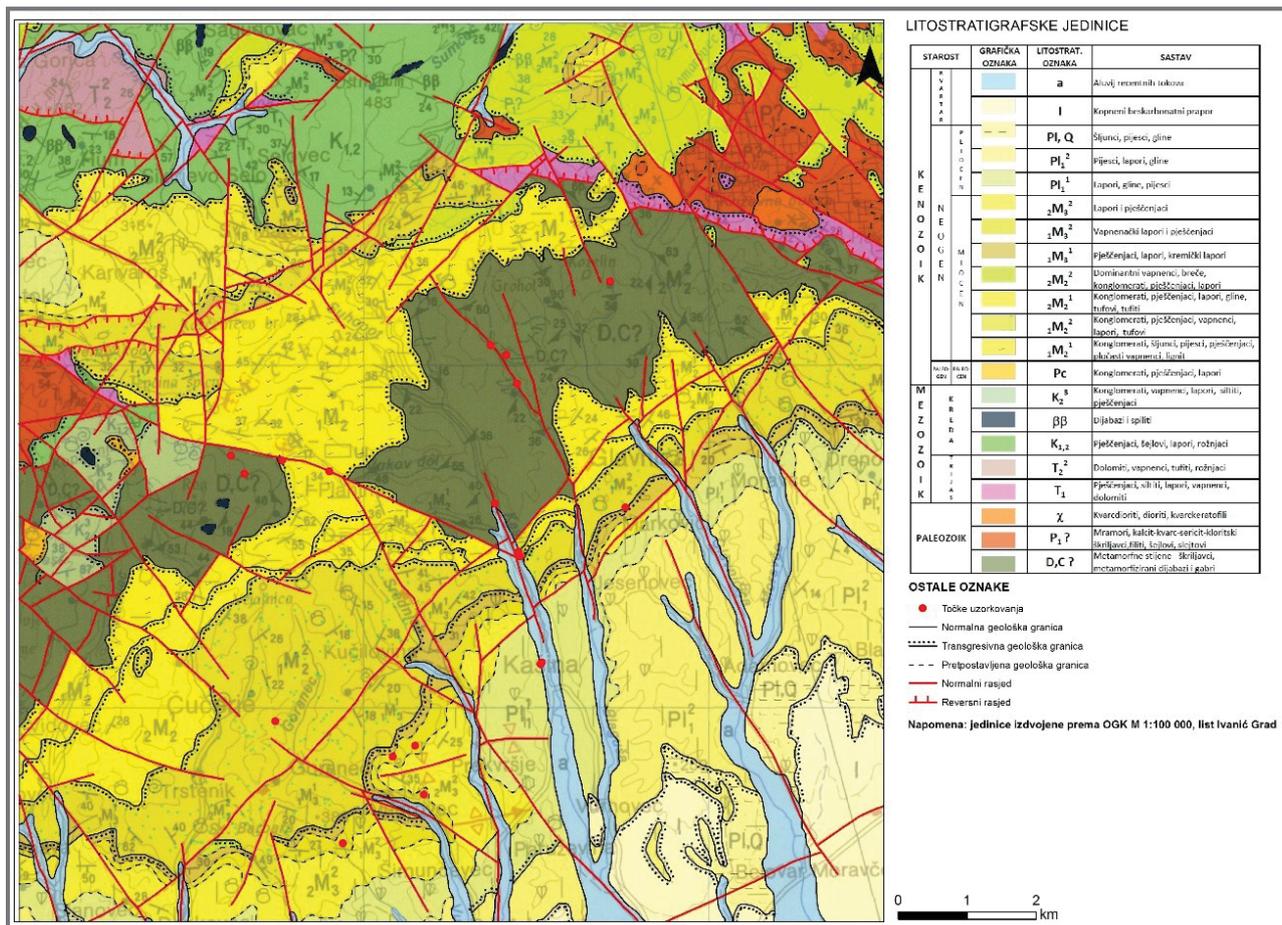
Područje istraživanja obuhvaća ruralni dio naselja na sjeveroistočnom dijelu Grada Zagreba, ograničeno na dio sjeveroistočnog, tzv. sesvetskog Prigorja koji pripada jugoistočnim obroncima Medvednice. Naselja koja se nalaze na tom području su: Kašina, Planina Gornja, Planina Donja, Blaguša, Jesenovec, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec i Šimunčevac (Slika 1). Sva naselja imaju vodozahvate pod lokalnom samoupravom stoga su vrlo zanimljiva za temu ovoga rada.

2.1. GEOLOŠKA OBILJEŽJA

Planina Medvednica u širem opsegu okružena je naplavnim riječnim dolinama Save, Krapine i Lonje i proteže se od Podsuseda na jugozapadu do Donjeg i Gornjeg Orešja na sjeveroistoku, u približnoj dužini od 40 kilometara. Kako je njezina predtercijarna jezgra okružena mlađim neogenskim i kvartarnim sedimentima, te tako geološki izolirana u odnosu na južnoalpske i dinarske predjele, zajedno sa ostalim izdvojenim planinama u južnom dijelu Panonskog bazena, u starijoj geološkoj literaturi svrstana je u hrvatsko-slavonsko „otočno gorje“ (Šikić 1995). Medvednica je neogenskim sedimentima podijeljena u tri gorske cjeline (jezgre), izgrađene od predtercijarnih stijena. Jugozapadni dio planine od Podsuseda do prijevoja Kašina-Laz tvori glavni trup Medvednice, koji je u ovom užem opsegu još nazvan Zagrebačka gora s najvišim vrhom Sljemenom (1033 m n.m.), a izgrađen je od paleozojskih, mezozojskih, paleogenskih i neogenskih stijena (Basch 1983; Šikić 1995). Donjotrijaski sedimenti (T₁) su zastupljeni u građi jugozapadnog i sjeveroistočnog dijela Medvednice. U sjeveroistočnom su dijelu donjotrijaski sedimenti otkriveni u gornjem toku Slanog potoka, širem području doline potoka Bistrice, južno od Žitomira, te tektonskoj zoni od Laza do sela Velika (Zelinska) Gora.

Medvednica, relativno mala planina okružena neogenskim i kvartarnim sedimentima, vrlo je složene strukturne (navlačne) građe. Gorjanović je Zagrebačku goru opisao kao borani i duboki pukotinama razlomljeni stršenjak (horst), koji je reduciran do otočne gore, a od Samoborske je gore odijeljen pukotinama i erozijskim djelovanjem Save. Starija jezgra Medvednice, izgrađena od paleozojskih, mezozojskih i paleogenskih stijena, bila je već uglavnom strukturno formirana i približno smještena u današnji položaj, do uoči taloženja neogenskih sedimenata. U građi Medvednice od svih su stijena pozornost geologa najviše privlačile upravo te neogenske naslage čitavim slijedom od otnanga (M₂), karpata (M₃), badena (M₄), sarmata (M₅) i panona (M₆) prema Geološkoj karti Medvednice (Avanić et al. 1995). Privlačila ih je uočljiva brojnost i raznovrsnost fosila u njima, kao i dostupnost brojnih izdanaka, većim dijelom i umjetno otvaranih (kamenoloma) za potrebe izgradnje grada i prigradskih naselja. Gorjanović-Kramberger je napravio prikaz o tercijaru duž jugoistočnih padina od Podsuseda do Planine i Zeline, koji su i danas osnova za sva istraživanja neogena u Hrvatskoj.

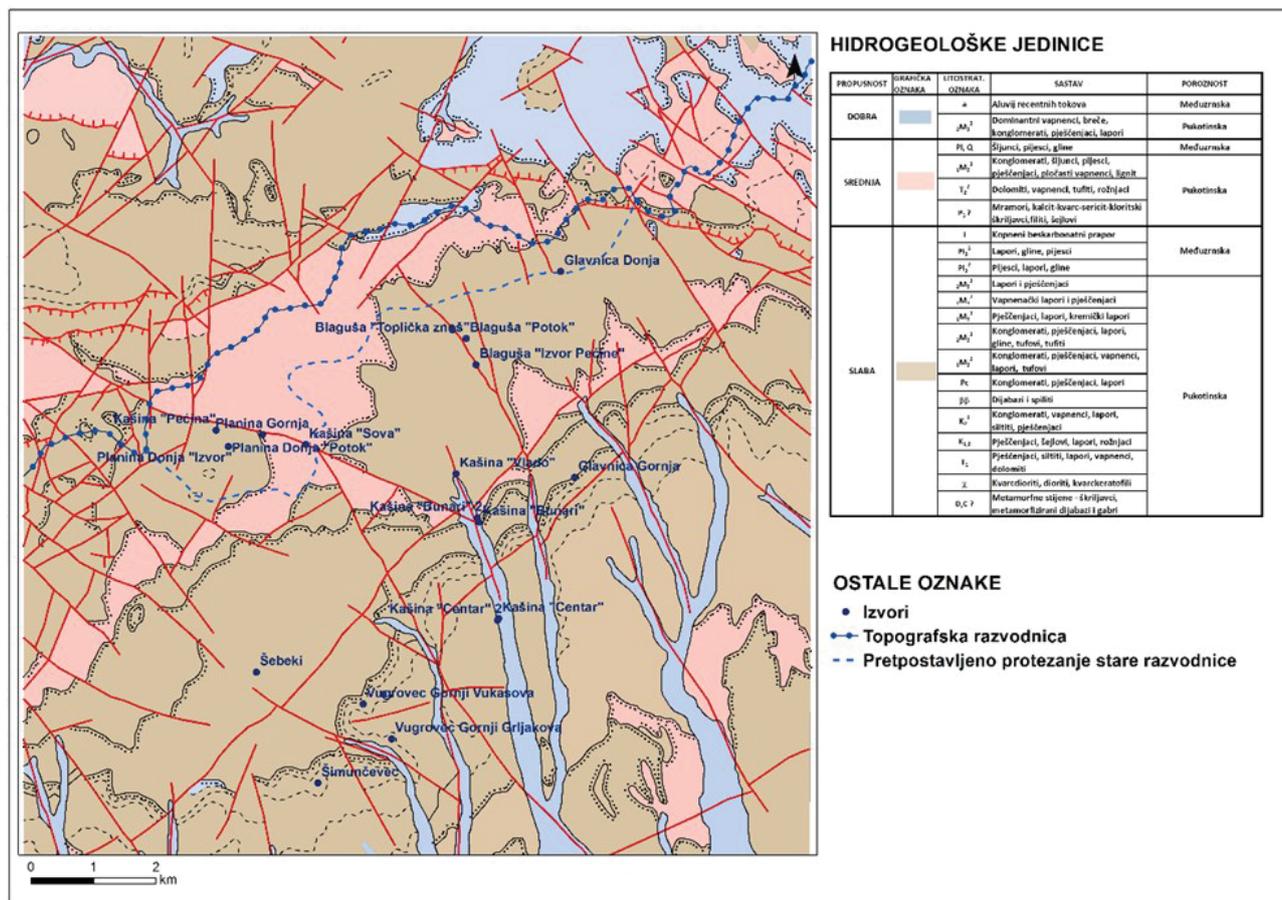
Pregledna geološka karta područja istraživanja načinjena na osnovu Osnovne geološke karte i prikazana je na Slici 2. U Tumaču oznaka se koriste litostratigrafske oznake iz OGK list Ivanić-Grad 1:100000 (Basch 1983).



Slika 2. Pregledna geološka karta područja istraživanja (prema: Basch 1983).



Slika 3. Potok Kašina - neuređeni i uređeni tok



Slika 4. Pregledna hidrogeološka karta istraživanog područja

2.2. HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA

Obronci Medvednice obiluju potocima (75) i izvorima (oko 230). Oborinske se vode brzo slijevaju, ovisno o nagibu i sastavu terena (Farkaš-Topolnik 2015). Vodno područje Južni obronci Medvednice omeđeno je na sjeveru topografskom razvodnicom po bilu Medvednice, na zapadu sa slivom Krapine, istočna je granica sa slivom Lonje, a na jugu je dolina Save. Površina iznosi 230 km². Područje obuhvaća slivove brojnih potoka, a od većih to su: Vrapčak, Kustošak, Črnomerec, Medveščak, Bliznec, Štefanovec, Trnava i Rijeka. Vugrov potok i Kašina, kao i brojni drugi njihovi pritoci nalaze se na istraživanom prostoru (Schaller et al. 2016). Zalihe podzemnih voda na ovom području nisu određivane. Srednji godišnji bazni dotoci potoka Kašina (uključuju podpovršinski i podzemni dotok) u sušnim godinama iznose na profilu Gornja Kašina $Q_b = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$, a na profilu Popovec $Q_b = 0,100 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji bazni dotoci potoka Kašina (uključuju podpovršinski i podzemni dotok) u vlažnim godinama iznose na profilu Gornja Kašina $Q_b = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$, a na profilu Popovec $Q_b = 0,271 \text{ m}^3/\text{s}$ (Slika 3). Potoci i izvori većim dijelom se napajaju ovisno o količini oborina. Vodonosnici su većinom dobro propusne vapnenačke i dolomitne stijene.

Na temelju litoloških i hidrogeoloških značajki naslaga i njihove hidrogeološke funkcije u sklopu istraživanog područja, u hidrogeološkom smislu izdvojene su: dobro, srednje i slabo propusne naslage. Pregledna hidrogeološka karta istraživanog područja prikazana je na Slici 4, a izrađena je na osnovu Pregledne geološke karte sa Slike 2.

Na području južnih obronaka Medvednice kao najznačajniji vodonosnici su izdvojeni dobro do srednje propusni mramorizirani (rekristalizirani) vapnenci paleozojske starosti, zatim dolomitno vapnenački kompleks srednjeg i gornjeg trijasa te karbonatno-klastične naslage badenske starosti. U karbonatnim dijelovima javlja se veći broj izvora manjih izdašnosti. Moguća je ograničena eksploatacija podzemnih voda za potrebe individualne vodopskrbe. Prihranjivanje podzemnih voda ograničeno je zbog značajnog površinskog otečanja s nagnutih površina terena. Izdašnosti izvora kreću se u rasponu od 1,0 l/s do desetak l/s. Neogenski sedimentni kompleks prevladava u brežuljkastim pobrđima s pretežito slabo propusnim stijenama međuzrske poroznosti, bez mogućnosti značajne akumulacije podzemne vode. U manjoj mjeri se javljaju karbonatne naslage – šupljikavi vapnenci koje možemo ovisno o njihovoj zastupljenosti mjestimično karakterizirati kao srednje propusne stijene. Poroznost im je pukotinska, što omogućuje infiltraciju površinskih voda u podzemlje i formiranje vodonosnika koji se dreniraju na izvorima male izdašnosti. Zona kvartarnih naslaga u dolinama potoka predstavljena je aluvijalnim sedimentima s promjenjivim granulometrijskim sastavom te naslagama prapora koje su slabo propusne. Aluvijalne naslage su vezane uz potoke koji teku s masiva Zagrebačke gore prema jugu (Kašina, Blaguša, Glavnica) i prema sjeveru (Bistrica). Litološki su to vrlo heterogeni sedimenti, od šljunka preko pijeska i silta do gline. Stoga im i propusnost varira obzirom na učešće vodonepropusnih gline. Kako su aluvijalne naslage vodotoka Kašine i Blaguše te Bistrice uglavnom deficitarne

šljunkovitim slojevima, tako su i vodonosnici ograničenih dimenzija. Bušenim zdencima u kvartarnim taložinama izdašnosti su manje od 5 l/s.

2.3. KLIMATOLOŠKA OBILJEŽJA

Medvednica se, u odnosu na okolne nizinske krajeve, u klimatološkim svojstvima ponaša kao «otok» s više oborina, nižim temperaturama, duljem trajanju i količini snježnog pokrivača. Područje Medvednice nalazi se u temperaturnoj zoni u kojoj se temperatura zraka smanjuje za 0,5 °C na svakih 100 metara (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba 2008). Srednja godišnja temperatura zraka je 6,2 °C, u usporedbi sa 11,4 °C u Zagrebu. Najhladniji mjesec je siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom zraka -3,1 °C, a najtopliji srpanj s prosječnom temperaturom od 15,2 °C. Insolacija je veća od one u Zagrebu za otprilike 100 sati godišnje. Ta je razlika prisutna u hladnom dijelu godine od listopada do ožujka kada je više magle u Zagrebu.

Godišnja količina oborina na Medvednici se kreće oko 1200 mm, dok za Zagreb iznosi 844 mm. Prosječan broj dana s injem je 40 (Zagreb 4). Godišnji broj dana sa snježnim oborinama na vrhu Medvednice iznosi 54 dana. Snijeg najčešće pada u siječnju i veljači. Dominantni vjetrovi su sjevernjak i sjeveroistočnjak. Broj dana s relativnom vlagom većom od 80 % je najveći na Puntijarki (158 dana godišnje) i smanjuje se smanjenjem nadmorske visine. Najveći broj dana s maglom iznosi 148 dana godišnje na postaji Puntijarka, gdje je zabilježeno i najviše dana s grmljavinom (32) i tučom (3) (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba 2008). Za vrijeme kišnog razdoblja koje je najveće u proljeće, dolazi do maksimalne količine istjecanja na izvorima, dok za vrijeme sušnih razdoblja koja su evidentirana ljeti, neki izvori i potoci znaju i presušiti.

3. STANJE VODOZAHVATA

Sjeveroistočni dio Prigorja specifičan je kako po bogatstvu vode tako i po mnoštvu lokalnih vodozahvata. Poznato je oko 230 lokacija istjecanja, od kojih su neki izdvojeni kao značajniji za vodoopskrbu (Tablica 1). Na većini vodozahvata ispravnost vode za piće kontrolira Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ), dok troškove i obrade uzoraka vode financira Grad Zagreb. Vrijednosti istjecanja izvora navedene u ovom radu rezultat su terenskog mjerenja autora.

Tablica 1. Popis vodozahvata

BR	NAZIV
1	Kašina „Sova“
2	Kašina „Bunari“
3	Kašina „Pećina“
4	Kašina „Centar“
5	Blaguša "Potok"
6	Planina Gornja
7	Planina Donja "Izvor"
8	Planina Donja "Potok"
9	Glavnica Donja

10	Glavnica Gornja
11	Šimunčevac
12	Vugrovec Gornji Grljakova
13	Šebeki
14	Vugrovec Gornji Vukasova
15	Vugrovec Gornji Grljakova - gornji
16	Kašina "Vlado"
17	Kašina "Centar" 2
18	Blaguša "Izvor Pećine"
19	Blaguša "Petrovska znoš"
20	Blaguša "Toplička znoš"
21	Kašina "Bunari" 2

3.1. KRATKI OPIS I MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA VODOZAHVATA

Trenutna situacija samih vodozahvata na istraživanom području, nakon terenskog pregleda nije u dobrom stanju. S obzirom da se radi o rubnim dijelovima grada Zagreba, to su uglavnom ruralna područja s poljoprivrednim zemljištem (nasadi žitarica – pretežito kukuruza, vinogradi, voćnjaci, vrtovi) koje se obrađuje i bez odvodnje otpadnih voda iz domaćinstava i gospodarskih objekata (staja, kokošnjaca itd.) pa je mogućnost onečišćenja površinskih i podzemnih voda velika. Potrošači ove vode mahom su seoska domaćinstva koja vodu trebaju i za napajanje domaćih životinja, zalijevanje vrtova i poljoprivredne radove. Zabrana uporabe trebala bi se donijeti samo za vodu za piće, a izvršenje takvog rješenja nije moguće kontrolirati.

Vodovod Kašina sastoji se od jednog zahvaćenog izvora i četiri bušena zdenca koji se nalaze na zasebnim mjestima. Zahvaćeni izvor smješten je oko 500 m jugozapadno ispod Velike peći koja se nalazi na lokaciji Lipa-Rog. Izvor je silazni, a na izdašnost izvora, koji varira od 1 do 3 l/s, ima utjecaj i količina padalina na tom području. Bušeni zdenac nalaze se neposredno pokraj ceste Kašina-Laz. Prvi zdenac dubine 9 metara nalazi se uz potok „Kašina“ u Gornjoj Kašini. Procijenjena maksimalna izdašnost ovog bunara ja 3 l/s. Druga dva zdenca su u centru Kašine. Situacija vodonosnika je slična kao i kod prvog zdenca. Oba zdenca su 9-10 m dubine i rade zajedno. Procijenjena izdašnost ovih zdenaca je 4 l/s. Četvrti zdenac se nalazi na samom ulazu u Kašinu iz smjera Laz, neposredno kod table Kašina. Izdašnost mu je procijenjen na 2 l/s, a koristi se samo kao rezerva u slučaju kada nema dovoljno vode. Postoji još jedan izvor koji se nalazi pokraj ceste Vukov dol - Planina Gornja prije samog ulaza u Planinu Gornju. Izdašnosti je od 0,5-8 l/s, međutim izvan upotreba je zbog jakog zamućenja vode. Kašinski vodozahvati su dotrajali ali još uvijek u uporabnom stanju, što se može vidjeti i na **Slici 5**.



Slika 5. Izvor Kašine, Zdenac 1, Zdenac 2 i 3.



Slika 6. Izvori „Pečina“, „Petrovska Znoš“, „Toplička Znoš“

Vodozahvat Blaguša se sastoji od tri zahvaćena izvora „Petrovska znoš“, „Toplička znoš“ i „Pečina“. Sva tri izvora nalaze se neposredno uz potok „Blaguša“ i to u zoni samog izvora potoka, dok se „Pečina“ nalazi nizvodnije za oko 500 m. Izvori se nalaze u strmom zasjeku između brda „Kamenjak“ i „Brezje“. Na izvoru „Petrovska znoš“ procjenjuje se izdašnost 1,3 l/s, na izvoru „Toplička znoš“ od 2,3 do 3,3 l/s a na izvoru „Pečina“ od 0,7 do 1,6 l/s.

Sva tri zahvaćena izvora Blaguškog vodovoda također su kaptirana prije više desetaka godina. Zbog velikih gubitaka pri zahvaćanju vode, sredinom devedesetih godina, rađena je sanacija vodozahvata, gdje se poboljšao zahvaćeni kapacitet izvora, te su se smanjili nepotrebni gubici. Sadašnje stanje vodozahvata je prihvatljivo (Slika 6), s time da ponovna sanacija vodozahvata ne bi bila loša. Vodozahvat se sastoji od komore za dotok i preljeva gdje se zahvaća voda. Vodozahvat „Pečina“ je nešto drugačiji jer se nalazi nizvodnije od ostale dvije kaptaze, tako da ona ima i komoru za dotok vode s druga dva izvora

Planina Gornja ima samo jedan zahvaćeni izvor koji se nalazi u samom selu na početku Podjezerske ulice oko 500 m u smjeru Lipe. Uz izvor teče mali potok srednjeg protoka 0,4 l/s, koji presuši u ljetnim sušnim razdobljima, obično tijekom srpnja i kolovoza. Izvor je silazni te se nalazi u podnožju Lipe, a procijenjena izdašnost ovog izvora varira od 1-3 l/s.

Sadašnje stanje zahvaćenog izvora Planina Gornja u odličnom je stanju. Izvor je potpuno zatvoren s jednim oduškom za zrak (Slika 7). Voda direktno otječe u sabirnu komoru koja se nalazi desetak metara dalje, te se od tamo dalje transportira do vodosprema.



Slika 7. Izvor Planina Gornja

Vodovod Planine Donje se napaja jednim zahvaćenim izvorom, te jednim bušenim zdencom. Zahvaćeni izvor nalazi se oko 1 kilometar jugoistočno od zahvaćenog izvora „Kašina“, te je isto tako udaljen od puta Planina Donja-Lipa. Spada u silazne izvore, a izdašnost mu varira od 0,7-2 l/s. Uz izvor teče potok srednjeg protoka 0,65 l/s, koji je bio zahvaćen za vodoopskrbu u ljetnim sušnim razdobljima. Bušeni zdenac se nalazi 10 m od vodospreme. Zdenac je dubine 53 m, a izdašnost mu je 0,8 l/s.

Izvor Planine Donje je zatvoren, s time da je oko njega izgrađena mala komora iz koje dalje voda ide u drugu komoru i preljev (Slika 8). Vodozahvat je rađen prije nekoliko desetaka godina, a u novije vrijeme je doručivan još

jednim spremnikom koji služi kao preljev viška vode. Bušeni zdenac koji se nalazi pokraj vodospreme u Planini Donjoj, bušen je prije nekoliko godina te je u dobrom stanju.



Slika 8. Izvor i bušeni zdenac u Planini Donjoj

Glavnica Donja ima dva zahvaćena silazna izvora. Prvi izvor nalazi se oko 700 m južno od prijevoja asfaltirane ceste Moravče-Marija Bistrica. Uslijed tektonike glavna žila izvora je većim dijelom presječena te se voda zahvaća iz potoka koji teče neposredno pokraj izvora. Izdašnost izvora procjenjuje se na 2 l/s. Drugi izvor se navodno nalazi oko 500 m jugozapadno od prvog izvora, međutim nije ga bilo moguće identificirati na terenu čak i uz pomoć mještana.

Vodozahvati Glavnice Gornje se sastoje od tri kopana zdenca, koja se nalaze u dolini između brda Gornji Levaki i Glavnice Gornje. Prva dva su dubine 5 i 6 m te su promjera 3 m, dok je treći dubok 22 m, a promjer mu je 1 m. Vodonosnik je otvorenog tipa u pretežito slabo propusnim naslagama, a u dubljim dijelovima nalazi se laporovita podina. Procjenjuje se da su sva tri bunara ukupne izdašnosti 0,7 l/s.

Oba izvora Glavnice Donje su u lošem stanju radi dotrajalosti kaptaža na izvorima i neodržavanja postojećeg sustava vodozahvata. Zdenaci Glavnice Gornje su u prihvatljivom stanju što se tiče samih građevina vodozahvata, međutim voda u njima stoji već nekoliko godina jer se ne eksploatiraju. U slučaju potrebe uzimanja vode za javnu uporabu, potrebno je prethodno napraviti sanacijsko čišćenje zdenaca. (Slika 9).

Šimunčevac ima jedan bušeni zdenac koji se nalazi 300 m sjeveroistočno od kraja ceste koja vodi od autobusnog okretišta u Šimunčevcu prema sjeverozapadu. Procijenjena izdašnost mu se kreće od 3-4 l/s.

Bušeni zdenac u Šimunčevcu je također u dotrajalom stanju, međutim još uvijek je u funkciji (Slika 10). Zahvaćena voda se gravitacijski odvodi do vodospreme, a u novije vrijeme ugrađena je pumpa zbog bržeg dotoka vode u vodospremu.



Slika 9. Izvor Glavnice Donje i zdenaci u Glavnici Gornjoj



Slika 10. Bušeni zdenac u Šimunčevcu

Vugrovec Gornji ima više bušenih i kopanih zdenaca koji se nalaze u Vukasovoj i Grljakovoj ulici u Vugrovcu Gornjem. Izdašnost tih zdenaca je mala, dok neki od njih i presuše u ljetnim sušnim razdobljima.

Zaseok Šebeki nalazi se u Gorancu, te koristi jedan zahvaćeni silazni izvor, koji se nalazi na kraju zaseoka. Izdašnost izvora nije poznata jer se voda preljeva direktno u vodospremu koja se nalazi neposredno poslije izvora.

Zdenci u Vugrovcu Gornjem su u lošem stanju radi neodržavanja vodozahvata, a izvor „Šebeki“ koji se nalazi u Gorancu, također je u lošem stanju zbog dotrajalosti (Slika 11). Potrebno je napraviti sanacijsko čišćenje postojećih građevina.



Slika 11. Izvor „Šebeki“ i zdenac u Vukasovoj ulici u Vugrovcu Gornjem

Na području istraživanja nalazi se ukupno 6089 stanovnika prema Popisu stanovništva, kućanstava i stanova iz 2011. godine (Buršić et al. 2011), a raspoređeni su u 13 naselja (Tablica 2). Za Goranec i Vugrovec Gornji podaci su uzeti za cijelo naselje, dok se vodozahvati odnose samo za pojedine zaseoke, točnije „Šebeki“ u Gorancu te Vukasova i Grljakova ulica u Vugrovcu Gornjem, što znači da bi broj stanovnika korisnika vodozahvata bio i nešto manji.

Broj stanovnika kao i broj kućanstava poprilično je velik, te se taj podatak ne smije zanemarivati. Ako uzmemo da je prosječna potrebna specifična količina vode 130 litara po stanovniku na dan, ispada da je na ovom

području potrebno prosječno 791,7 m³ vode na dan. Zbroj svih izdašnosti na istraživanom području otprilike iznosi 25 l/s (prosječna vrijednost), što ukupno iznosi 2160 m³/dan. Prema tome, potvrđeno je da je sadašnja količina raspoloživih zaliha vode dovoljna za napajanje cijelog istraživanog područja. Problem je u činjenici da količine nisu pravilno raspoređene po svim naseljima, tako da negdje postoje dovoljne količine vode, čak i iznad potrebnog, dok na drugim mjestima postoji nedostatak vode za ljudsku potrošnju. Isto tako, potrošači ove vode uglavnom su seoska domaćinstva koja vodu trebaju i za napajanje domaćih životinja, zalijevanje vrtova i poljoprivredne radove što uvelike povećava ukupnu potrošnju vode.

Tablica 2. Izvod iz Popisa stanovništva (Buršić et al. 2011)

	Broj stanovnika	Broj kućanstava
Blaguša	593	182
Gajec	321	95
Glavnica Donja	552	177
Glavnica Gornja	225	71
Goranec	446	139
Jesenovec	462	119
Kašina	1535	484
Planina Donja	553	173
Planina Gornja	249	80
Prepuštovec	321	115
Šimunčevac	275	96
Vurnovec	201	78
Vugrovec Gornji	356	114
Σ	6089	1923

3.2. UPRAVLJANJE VODOZAHVATIMA

Sukladno odredbama Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (Narodne novine 56/13), Grad Zagreb osigurava financijska sredstva za provođenje monitoringa kakvoće vode za ljudsku potrošnju. Gradski ured za zdravstvo, Odjel za zdravstvenu ekologiju u suradnji s Nastavnim zavodom za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar, već duži niz godina obavlja monitoring vode za ljudsku potrošnju, kojim je obuhvaćen centralni vodoopskrbni sustav i lokalni vodovodi na području gradske četvrti Brezovica i Sesvete. Monitoring se provodi prema godišnjem Programu monitoringa izrađenom u skladu s važećom zakonskom regulativom: Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju (Narodne novine 56/13) i Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (Narodne novine 125/13).

U rubnim područjima grada, na području gradskih četvrti Brezovica i Sesvete, dio stanovništva opskrbljuje se vodom za ljudsku potrošnju putem malih lokalnih vodovoda, kojima upravljaju, na volonterskoj osnovi, Odbori za upravljanje vodovodom osnovani pri gradskim četvrtima. Tijekom 2014. godine Programom monitoringa vode za ljudsku potrošnju na području gradske četvrti Sesvete obuhvaćeno je 9 lokalnih vodovoda: Planina Gornja, Šimunčevac, Paruževina, Prekvršje, Šebeki,

Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Planina Donja, Kašina i Blaguša.

Uzorkovanje se obavlja jednom mjesečno na slavina u privatnim i javnim objektima te jednom godišnje na izvorištima lokalnih vodovoda. O svakom rezultatu obavljenih ispitivanja, Odjel za zdravstvenu ekologiju pisanim putem obavještava stranku kod koje je uzet uzorak vode (fizička ili pravna osoba) i predsjednika Vijeća mjesnog odbora pojedinog lokalnog vodovoda, kad je utvrđena nesukladnost uzetog uzorka s vrijednostima iz Pravilnika. Mjesečni izvještaji s analitičkim rezultatima i mišljenjem dostavljaju se od Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Dr. A. Štampar, Odjelu za zdravstvenu ekologiju Gradskog ureda za zdravstvo, uz obavijest Sanitarnoj inspekciji Ministarstva zdravlja i Vodoopskrbi i odvodnji d.o.o. O svakom nesukladnom uzorku Nastavni zavod za javno zdravstvo Dr. A. Štampar, obavještava i epidemiološku službu Zavoda i Stručno povjerenstvo za vodu za ljudsku potrošnju Ministarstva zdravlja. S obzirom na dosadašnje rezultate, od strane Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar, preporučeno je uvođenje sustavne, stručne i dokumentirane dezinfekcije vode, te izmjene i sanacija razvodne mreže do ostvarenja najboljeg dugoročnog rješenja - priključka na "Javni centralni vodoopskrbni sustav Grada Zagreba". Prema postojećem stanju, dezinfekcija se provodi samo klorom. U neke lokalne vodovode ugrađeni su automatski klorinatori (Slika 12), i to na sljedećim vodovodima: Kašina, Planina Gornja, Planina Donja i Blaguša. Ostali vodovodi dezinficiraju svoju vodu ili jednom mjesečno ili par puta godišnje, što uvelike omogućava rast nepoželjnih bakterija u vodi za ljudsku potrošnju.

Lokalnim vodovodima ne upravlja pravna osoba koja obavlja djelatnost javne vodoopskrbe, već upravljaju Vijeća gradskih četvrti putem Odbora lokalnih vodovoda ili Mjesnih odbora. Grad Zagreb po potrebi (za vrijeme sušnih perioda ili neočekivanih incidentnih situacija), osigurava opskrbu građana u naseljima koja još imaju lokalne vodovode, vodom za piće putem autocisterni iz sustava javne vodoopskrbe. Odbori lokalnih vodovoda i Mjesni odbori na području Gradske četvrti Sesvete, u većini slučajeva ne vode adekvatnu brigu o svojim lokalnim vodovodima. Suština problema leži u tome da ti odbori nisu pravne osobe. Svaki lokalni vodovod potrebno je redovito održavati i renovirati, a za to su potrebna novčana sredstva. Naplata vode po domaćinstvima je na dobrovoljnoj osnovi, te se često puta i ne provodi. To je vidljivo i na dotrajalosti lokalne vodovodne mreže što predstavlja još veći problem budući da dotrajalost vodovodne mreže može ozbiljno pogoršati kakvoću vode zbog nepostojanja odvodnje otpadnih voda iz domaćinstava i gospodarskih objekata. Otpadna voda može kroz oštećene vodovodne cijevi onečistiti i vodu za piće. Iznimka je Planina Gornja gdje se Mjesni odbor dobro organizirao, te se vodozahvati i vodovodna mreža adekvatno održavaju.



Slika 12. Automatski klorinator postavljen u vodospremi (Planina Donja), i postavljen direktno na vodovodnoj cijevi koja ide od izvora (Planina Gornja)

4. HIDROKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA

Monitoring na istraživanom području se obavljao i obavlja na slavina u privatnim i javnim objektima i to jednom mjesečno, te izvorištima lokalnih vodovoda, jednom godišnje. O svakom rezultatu obavljenih ispitivanja, Odjel za zdravstvenu ekologiju pisanim putem obavještava stranku kod koje je uzet uzorak vode (fizička ili pravna osoba) i predsjednika Vijeća mjesnog odbora pojedinog lokalnog vodovoda, kad je utvrđena nesukladnost uzetog uzorka (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba 2008).

Za potrebe ovog rada izdvojeni su podaci mjerenja koja su rađena u 2008. godini samo za lokalne vodovode na istraživanom području, i to na sljedećim mjestima: Kašina, Blaguša, Planina Gornja, Planina Donja, Glavnica. Ispitivanje uzoraka proveo je HZJZ (Hrvatski zavod za javno zdravstvo) u suradnji sa Gradskim uredom za zdravstvenu ekologiju. Od analiziranih 9 uzoraka, 2 uzorka (22 %) je u potpunosti zadovoljilo odredbe Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (Narodne novine 125/13). Po pokazatelju ukupne tvrdoće pet voda su bile umjereno tvrde, a četiri vode su bile tvrde. Nije bilo jako tvrdih voda. Po pokazatelju ukupno otopljene krute tvari (engl. kratica total dissolved solids – TDS), pet voda bilo je odlične, a četiri dobre ukusnosti.

Nije bilo voda dovoljne i loše ukusnosti. Od 9 uzetih uzoraka 7 nije zadovoljavalo jedan ili više pokazatelja (78 %), a 7 uzoraka nije odgovaralo odredbama navedenog Pravilnika zbog neispunjavanja mikrobioloških standarda. Mikrobiološko onečišćenje je očekivano. Uglavnom se radi o prisutnosti ukupnih koliformnih bakterija (44 %). Fekalne koliformne bakterije pojavljuju se u samo jednom uzorku (11 %). Iz rezultata provedene ankete vidljivo je da niti na jednom crpilištu ne postoji prerada vode. U samo 3 (33 %) voda se dezinficirala stalno s nekim klornim preparatom, a u ostalim povremeno (67 %), najčešće svaki drugi dan. Na sreću, prema podacima kojima raspolaže Hrvatski zavod za javno zdravstvo na ovom području nije zabilježena niti jedna hidrična epidemija u proteklih 15 godina. Po fizikalnim i kemijskim pokazateljima sve su vode ispunile odredbe navedenog Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (Narodne novine, 125/13).

4.2. TEHNIKE I METODE PROVEDENIH HIDROGEOKEMIJSKIH ISTRAŽIVANJA

Tijekom travnja i svibnja 2016. godine sakupljeno je 14 uzoraka vode, koji su svi na području sjeveroistočnog dijela Prigorja. Uzorci vode su uzimani na izvorima, kaptažama i zdencima za potrebe vodoopskrbe lokalnih vodovoda, te potocima smještenim neposredno pokraj izvorišta. Na terenu su se mjerili sljedeći parametri u vodi: tem-

peratura (°C), pH, elektrovodljivost (EC) i ukupno otopljena kruta tvar (eng. kratica TDS – total dissolved solids). Ti su se parametri određivali digitalnim konduktometrom i pH metrom tvrtke WTW, na način da se elektroda za svaku skupinu parametara stavi u određeni uzorak, te se na uređaju očita vrijednost temperature vode, pH, električne vodljivosti i ukupno otopljene krute tvari.

Uzorci vode su uzimani u bocama od jedne litre i u dvije bočice od 100 ml za određivanje elementarnog sastava. Jedna skupina uzoraka za određivanje elementarnog sastava je profiltrirana kroz 0,45 µm filtar i zakiseljena s ultrapure HNO₃ tvrtke MERCK. Sve laboratorijske metode istraživanja su provedene u Laboratoriju za geochemiju okoliša Geotehničkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, u Varaždinu prema normiranoj metodologiji (APHA, 2005). Tijekom pripreme uzoraka za analizu, uzorci vode su temperirani na sobnoj temperaturi.

Rezultati mjerenja dobiveni tijekom terenskog dijela istraživanja i određivanje fizikalnih i kemijskih parametara prikupljenih uzoraka i izvorskih voda, voda iz zdenaca i kaptaža prikazani su u **tablicama 3 i 4**. U **tablicama 5 i 6** prikazani su rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata u nefiltriranim i u **tablici 7 i 8** filtriranim uzorcima. Oznaka < DL označava koncentracije koje su manje od granica određivanja pokazatelja pojedinom tehnikom i metodom (eng. detection limit). Oznake uzoraka (prikazane u prvoj koloni **tablica 3 – 8**) označavaju najprije lokaciju uzorkovanja, zatim pojedini objekt na lokaciji te datum uzimanja uzorka.

Tablica 3. Rezultati mjerenja fizikalnih i kemijskih parametara

UZORAK	T _t	T _l	pH	EC _t	EC _l	TDS _t	TDS _l	KPK	TOC
Mjesto /datum	(°C)	(°C)		(µS/cm)	(µS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg O ₂ /L)	(mg/L)
1/1/070516	10,80	18,20	7,41	374	343	721	686	4,67	1,545
1/2/200416	11,00	17,00	7,47		328		656	2,91	0,423
1/3/070516	14,60	16,80	7,69	159	150,7	305	301	2,37	<DL
1/4/050516	13,40	16,80	7,34	415	387	799	774	2,42	0,168
2/1/070516	13,90	16,50	7,56	228	212	436	424	1,81	<DL
2/2/070516	13,80	16,90	7,67	209	195,6	402	391	3,75	1,533
3/200416	11,30	17,10	7,73	188	175,1	360	350	1,14	0,420
4/1/200416	9,00	17,90	7,77		154,1		308	2,08	0,150
4/2/080516	10,90	17,30	7,80	134	126,9	258	254	3,28	0,828
5/050516	13,00	17,20	7,63	220	206	421	412	2,21	<DL
6/050516	11,30	17,90	7,28	507	472	975	944	2,26	1,220
7/070516	12,40	17,60	7,27	425	396	817	792	2,26	0,299
8/100516	12,70	16,90	7,29	435	407	836	813	3,28	2,465
9/090516	12,40	17,70	7,45	351	330	675	659	2,64	0,568
MDK	<25	<25	6,5-9,5	<2500	<2500			5	

Tablica 4. Rezultati mjerenja hidrokemijskih parametara

UZORAK	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NT	NH ₃	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
Mjesto / datum	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1/1/070516	54	37,3	1,326	0,03	1,60	0,003	0,46	322
1/2/200416	38	25,8	1,408	0,03	2,00	0,003	0,12	342
1/3/070516	12	1,7	0,924	0,04	0,90	0,004	0,10	168
1/4/050516	34	23,8	2,164	0,01	3,40	0,007	0,14	385
2/1/070516	12	2,7	0,714	0,02	0,40	0,004	0,12	268
2/2/070516	7	2,4	0,706	0,03	0,30	0,004	0,28	240
3/200416	8	2,0	0,787	0,03	0,60	0,003	0,13	230
4/1/200416	10	1,5	0,682	0,02	0,40	0,003	0,12	211
4/2/080516	10	1,2	0,707	0,01	0,40	0,004	0,20	144
5/050516	6	1,9	0,933	0,01	1,00	0,004	0,12	326
6/050516	64	47,4	2,217	0,09	3,50	0,004	0,18	408
7/070516	71	2,6	0,634	<DL	0,30	0,000	0,24	418
8/100516	54	15,8	1,605	0,01	2,40	0,004	0,28	417
9/090516	19	2,7	0,813	0,01	0,70	0,002	0,31	498
MDK	250	250		0,5	50	0,5		

Tablica 5. Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata – nefiltrirani uzorci

UZORAK	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr
Mjesto / datum	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1/1/070516	106,75	16,55	19,33	3,602	0,557	<DL	0,037	<DL	0,011
1/2/200416	102,46	18,30	16,68	2,224	0,131	0,007	0,016	<DL	0,009
1/3/070516	53,34	5,54	3,09	0,550	7,667	0,046	0,010	<DL	0,009
1/4/050516	128,55	14,90	12,38	3,496	0,683	0,015	0,018	<DL	0,008
2/1/070516	72,92	11,46	7,24	0,801	1,808	0,023	0,010	<DL	0,009
2/2/070516	78,04	6,94	4,28	0,856	<DL	0,003	0,013	<DL	0,007
3/200416	70,78	5,64	2,64	0,462	<DL	<DL	<DL	<DL	0,008
4/1/200416	49,08	13,45	6,82	0,512	<DL	<DL	<DL	<DL	0,011
4/2/080516	44,48	4,88	3,04	0,631	<DL	<DL	<DL	<DL	0,010
5/050516	81,50	8,16	20,40	0,545	0,261	0,133	<DL	<DL	0,014
6/050516	143,05	21,45	20,09	4,655	1,058	0,006	<DL	<DL	0,010
7/070516	141,90	13,45	4,71	1,234	2,334	0,406	0,069	<DL	0,010
8/100516	142,50	19,50	10,06	5,370	0,705	<DL	<DL	<DL	0,011
9/090516	135,75	11,62	15,75	1,069	17,9	0,103	<DL	<DL	0,013
MDK		250	<200	<12	2	3000	<200	<50	50

Tablica 6. Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata – nefiltrirani uzorci

UZORAK	Pb	Cd	As	Hg
Mjesto / datum	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1/1/070516	<DL	<DL	1,474	0,875
1/2/200416	<DL	<DL	0,715	0,947
1/3/070516	<DL	0,02	2,121	0,147
1/4/050516	<DL	<DL	0,205	0,796
2/1/070516	<DL	<DL	8,084	0,068
2/2/070516	<DL	<DL	2,392	0,147
3/200416	<DL	<DL	1,756	<DL
4/1/200416	<DL	<DL	4,713	<DL
4/2/080516	<DL	0,03	4,486	0,087
5/050516	<DL	<DL	0,847	0,232
6/050516	<DL	<DL	0,814	<DL

7/070516	<DL	0,18	0,168	<DL
8/100516	<DL	<DL	1,077	<DL
9/090516	<DL	<DL	0,771	0,042
MDK	10	5	10	1

Tablica 7. Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata - filtrirani uzorci

UZORAK	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	Cr
Mjesto /datum	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1/1/070516	105,55	15,40	21,01	3,90	0,495	0,073	0,047	<DL	0,014
1/2/200416	98,70	18,65	15,27	2,31	<DL	0,071	0,039	<DL	0,016
1/3/070516	49,74	5,64	2,49	0,51	7,672	0,089	0,057	<DL	0,015
1/4/050516	119,40	14,25	12,66	3,66	0,904	0,091	0,051	<DL	0,013
2/1/070516	67,82	11,82	8,28	0,80	1,808	0,084	0,041	<DL	0,013
2/2/070516	67,38	6,62	5,39	0,81	<DL	0,058	0,028	<DL	0,011
3/200416	67,38	6,10	2,90	0,41	<DL	0,067	0,046	<DL	0,01
4/1/200416	50,25	13,05	3,08	0,47	<DL	0,056	0,021	<DL	0,011
4/2/080516	41,56	4,80	3,14	0,59	<DL	0,057	0,015	<DL	0,010
5/050516	77,10	8,34	22,83	0,52	0,167	0,181	0,014	<DL	0,011
6/050516	135,45	20,85	20,26	4,48	0,959	0,066	0,018	<DL	0,008
7/070516	142,10	13,70	4,40	1,17	2,014	0,452	0,022	<DL	0,008
8/100516	129,95	17,90	10,40	5,20	0,705	0,071	0,024	<DL	0,009
9/090516	137,20	11,90	18,45	0,98	0,188	0,159	0,010	<DL	0,009
MDK		250	<200	<12	2	3000	<200	<50	50

Tablica 8. Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata - filtrirani uzorci

UZORAK	Pb	Cd	As	Hg
Mjesto /datum	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1/1/070516	<DL	<DL	1,608	<DL
1/2/200416	<DL	<DL	0,688	<DL
1/3/070516	<DL	0,02	2,498	<DL
1/4/050516	<DL	<DL	0,907	<DL
2/1/070516	<DL	<DL	7,772	<DL
2/2/070516	<DL	<DL	2,758	0,155
3/200416	<DL	<DL	2,178	0,476
4/1/200416	<DL	0,02	4,527	0,700
4/2/080516	<DL	<DL	4,107	0,200
5/050516	<DL	<DL	0,224	0,222
6/050516	<DL	<DL	0,878	0,949
7/070516	<DL	0,18	0,401	0,344
8/100516	<DL	<DL	0,682	0,222
9/090516	<DL	<DL	0,664	0,800
MDK	10	5	10	1

4.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Rezultati mjerenja fizikalnih i kemijskih pokazatelja kakvoće voda iz kaptaža i zdenaca sa istraživanog područja korištenu su kao ulazni nizovi za statističku obradu podataka. Na taj način izračunavanje statističkih parametara srednje vrijednosti, medijana i standardne devijacije nastojalo se na što egzaktniji i objektivniji način usporediti rezultate mjerenja tijekom 2008. i 2016. godine. Srednja vrijednost i medijan (uz mod) rabe se u procjeni središnjih

tendencija statističke razdiobe, ali je medijan manje osjetljiv na fluktuacije i ekstremne koncentracije u promatranom skupu podataka (Peh 2009). U tablicama 9 i 10 prikazani su osnovni statistički parametri izračunati za uzorke izvorskih voda. U usporednu analizu nisu prikazane vrijednosti za Mn, Pb, Cd budući da je glavna izmjerenih vrijednosti ispod detekcijskog limita metode.

Tablica 9. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba 2008)

	Broj uzoraka N	Srednja	Medijan	Minimum	Maksimum	SD
T _t (°C)	9	11,46	11,10	8,40	16,20	2,44
pH	9	7,18	7,15	6,54	7,78	0,38
EC _t (µS/cm)	9	526,00	435,00	277,00	816,00	215,78
TDS _t (mg/L)	9	334,27	258,00	194,00	522,40	138,16
KPK (mgO ₂ /L)	9	0,59	0,52	0,45	1,05	0,20
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	9	30,31	18,80	13,60	66,10	21,04
Cl ⁻ (mg/L)	9	8,18	2,80	1,50	46,20	14,52
NH ₃ (mg/L)	9	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
NO ₃ ⁻ (mg/L)	9	1,17	0,99	0,38	3,77	1,05
NO ₂ ⁻ (mg/L)	9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	9	317,11	263,30	185,50	470,60	116,71
Ca (mg/L)	9	96,28		44,90	148,00	41,77
Mg (mg/L)	9	11,71	11,90	4,50	19,10	4,69
Na (mg/L)	9	5,54	3,40	1,30	19,60	5,71
K (mg/L)	9	1,17	0,64	0,20	4,95	1,47
Fe (mg/L)	9	9,37	5,00	5,00	24,60	7,87
Mn (µg/L)	9	1,39	0,50	0,50	5,90	1,78
As (µg/L)	9	2,07	1,00	1,00	6,30	1,82
Aer. Mez. Bakt	9	88,78	27,00	1,00	395,00	138,27
Aer. Mez. Bakt	9	147,00	92,00	3,00	480,00	163,70
Ukupni koliformi	9	26,22	2,00	0,00	200,00	65,61
Fekalni koliformi	9	12,11	0,00	0,00	109,00	36,33

Tablica 10. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (izmjereno u LGO, 2016)

	Broj uzoraka N	Srednja vrijednost	Medijan	Minimum	Maksimum	SD
T _t (°C)	14	12,18	12,4	9	14,6	1,53
pH	14	7,53	7,52	7,27	7,8	0,19
EC _t (µS/cm)	12	303,75	289,5	134	507	127,09
EC ₁ (µS/cm)	14	277,39	270	126,9	472	114,63
TDS _t (mg/L)	12	583,75	555,5	258	975	244,92
TDS ₁ (mg/L)	14	554,57	540	254	944	229,19
KPK (mgO ₂ /L)	14	2,65	2,4	1,14	4,67	0,88
TOC (mg/L)	14	0,66	0,36	0,01	2,465	0,761
NT (mg/L)	14	1,12	0,869	0,634	2,217	0,545
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	14	28,5	15,5	6	71	23,53
Cl ⁻ (mg/L)	14	12,06	2,65	1,2	47,4	15,51
NH ₃ (mg/L)	14	0,024	0,02	0,01	0,09	0,023
NO ₃ ⁻ (mg/L)	14	1,28	0,8	0,3	3,5	1,13
NO ₂ ⁻ (mg/L)	14	0,004	0,004	0,001	0,007	0,001
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	14	0,2	0,16	0,1	0,46	0,1
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	14	312,67	323,99	144	498	105,77
Ca _F (mg/L)	14	92,11	87,9	41,56	142,1	36,11
Mg _F (mg/L)	14	12,07	12,48	4,8	20,85	5,17
Na _F (mg/L)	14	10,75	9,34	2,49	22,83	7,58
K _F (mg/L)	14	1,84	0,89	0,41	5,2	1,72
Zn _F (mg/L)	14	0,112	0,072	0,056	0,452	0,105
Fe _F (mg/L)	14	0,031	0,026	0,01	0,057	0,016
Cr _F (mg/L)	14	0,011	0,011	0,008	0,016	0,003

Cu_F (mg/L)	14	1,657	0,342	0	7,672	2,016
As_F (µg/L)	14	2,14	1,26	0,224	7,772	2,118
Hg_F (µg/L)	14	0,291	0,211	0,001	0,949	0,3226
Ca (mg/L)	14	96,51	91,98	44,48	143,05	36,85
Mg (mg/L)	14	12,27	12,54	4,88	21,45	5,49
Na (mg/L)	14	10,47	8,65	2,64	20,4	6,83
K (mg/L)	14	1,86	0,96	0,46	5,37	1,71
Fe (mg/L)	14	0,012	0,006	0,001	0,069	0,019
Cr (mg/L)	14	0,01	0,01	0,007	0,014	0,002
Cu (mg/L)	14	2,364	0,62	0	7,667	4,9
As (µg/L)	14	2,115	1,276	0,168	8,084	2,222
Hg (µg/L)	14	0,242	0,078	0,01	0,947	0,349

5. RASPRAVA

Vodonosnici na istraživanom području su većinom dobro propusne vapnenačke i dolomitne stijene, ali i srednje propusne stijene međuzrnske poroznosti. Zbog litološkog sastava vodonosnika izvorske vode pripadaju kategoriji srednje tvrdih vrlo ukusnih voda. Izvori vrlo brzo reagiraju na hidrološke prilike, što znači da za vrijeme kišnih razdoblja godine dolazi do maksimalne količine istjecanja na izvorima, dok za vrijeme sušnih razdoblja koja su evidentirana uglavnom ljeti, neki izvori i potoci znaju i presušiti. Količina napajanja potoka i izvora na ovom području većim dijelom ovisi o količini oborina.

Poznata je činjenica da su vodne zalihe Zagrebačkog aluvijalnog vodonosnika iako znatne, vrlo ranjive zbog različitih izvora opasnosti na njihovom priljevnom području, kao i od potencijalno akcidentnog utjecaja uzvodnih objekata od kojih se neki nalaze na prostoru druge države. U tom slučaju stanovništvo grada Zagreba osjetilo bi potrebu za velikim količinama vode za ljudsku potrošnju kao i za različite tehničke potrebe. Trenutno je kakvoća izvorskih i zahvaćenih podzemnih voda kaptažnim objektima i zdencima ugrožena uglavnom bakteriološkim onečišćenjem zbog stare i neodržavane lokalne vodovodne mreže i ne postojanja sustava odvodnje otpadnih voda iz domaćinstava i pratećih gospodarskih objekata.

Prema rezultatima dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja koje se odnose na količine i kakvoću vode na području jugoistočnih obronaka Medvednice koje pripadaju sevetskom dijelu Prigorja može se zaključiti da su raspoložive količine vode dostatne za ukupan broj stanovnika koji žive na tom području. Najveći dio problema leži u činjenici da raspodjela raspoloživih količina izvorske vode prema broju stanovnika pojedinih naselja nije ujednačena, što znači da neka naselja ipak imaju problem s vodoopskrbom. U tom slučaju dolazi u obzir samo povezivanje lokalnih vodozahvata, odnosno povezivanje vodovoda u zajedničku mrežu sa zajedničkim vodospremama, što bi sve zajedno s vremenom moglo postati jedan dio vodoopskrbnog sustava Grada Zagreba za različite potrebe. Jedna od mogućnosti je korištenje tih dodatnih zaliha vode za ljudsku potrošnju za slučajeve akcidentnih situacija do korištenja zaliha kao tehničke vode za neku drugu namjenu (navodnjavanje, pranje prometnica i slično) (Kapelj 2010).

Rezultati najnovijih istraživanja mjerenja fizikalnih i kemijskih pokazatelja kakvoće voda iz kaptaža i zdenaca

na istraživanom području pokazuju da je voda zadovoljavajuće kvalitete. Na nekim lokacijama ustanovljena je koncentracija bakra koja je nešto malo viša od MDK vrijednosti što može biti posljedica dotrajalosti kaptažnih objekata. Sanacija i rekonstrukcija lokalnih vodovoda te uvođenje suvremenih načina obrade zahvaćenih voda bitno bi poboljšala njihovu kakvoću. Važno je napomenuti da nisu mjereni mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode, koji, zbog ranije navedenih razloga, mogu predstavljati značajan problem u vodoopskrbi ovog područja.

Usporedbom identičnih pokazatelja kakvoće voda sa izvorišta nisu uočene bitno promijenjene statističkih parametara od 2008. do 2016. godine. Takav rezultat statističke analize tumači se u svakom slučaju pozitivno, jer to znači da u periodu od 8 godine nije došlo do dodatnog pogoršanja kakvoće voda sa izvorišta.

6. ZAKLJUČAK

Izvori Medvednice su općenito skromnog kapaciteta, ali mnogobrojni. Poznatih izvora je oko 230, a većih potoka je približno 75. Brojnost izvora male izdašnosti predstavlja resurs koji se ne smije zanemariti već na njega treba računati kao vrijednost s mogućnosti različite uporabe. Interesantno je da zalihe podzemnih voda na ovom području, kao i na području cijelog prigorskog i zagorskog dijela Medvednice nikada nisu detaljno određivane, već postoje samo okvirne hidrološke procjene koje se najvećim dijelom odnose na procjene opasnosti od bujičnih vodotoka koji svoje slivove imaju na Medvednici. Bez obzira na spomenute nedostatke, raspoložive zalihe podzemnih voda na području istraživanog dijela Prigorja mogle bi se povećati izgradnjom dodatnih kaptažnih objekata i zdenaca nakon provedenih detaljnih hidrogeoloških istraživanja.

Kakvoća zahvaćenih podzemnih voda uglavnom je bakteriološki onečišćena zbog stare i neodržavane lokalne vodovodne mreže i ne postojanja sustava odvodnje otpadnih voda iz domaćinstava i gospodarskih objekata. Sanacija i rekonstrukcija lokalnih vodovoda te uvođenje suvremenih načina obrade zahvaćenih voda bitno bi poboljšala njihovu kakvoću.

Budući da će područje Sesveta i pripadajućeg dijela Prigorja u vrlo skoroj budućnosti imati sve veće potrebe za vodom dijelom tehničke razine kakvoće, a dijelom i za ljudsku uporabu zbog sve većeg prirasta stanovništva, optimalizacija korištenja vodnih resursa na području grada

Zagreba i gradske četvrti Sesvete treba i spomenute resurse uzeti u obzir.

Iznimno je važno istaknuti da najveći prioritet treba dati zaštiti priljevnog područja pojedinih izvora od otpadnih voda naselja koja velikim dijelom upuštaju otpadne vode direktno u okoliš. To se može postići izgradnjom sustava odvodnje otpadnih voda koji treba povezati sa sustavom odvodnje grada Zagreba.

7. LITERATURA

American Public Health Association APHA (2005): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 Edition, USA.

Avanić, R., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M. i A. Šimunić (1995): Geološki vodič Medvednice, 168 str., Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ i pripadajući tumač, list Ivanić-Grad 1: 100000 L 33-81. Geološki zavod Zagreb (1980), Savezni geološki zavod, Beograd.

Buršić I., Lasan I., Stolnik G., i dr. (2011). Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2011.

Farkaš-Topolnik N. (2015): Prirodne vrijednosti parka prirode Medvednica. Plan upravljanja Park prirode Medvednica.(74.) 22-33 str.

Kapelj, S. (2010): Geokemija voda u upravljanju vodama, inženjerstvu okoliša i geoinženjerstvu, Skripta, Geotehnički fakultet u Varaždinu, Sveučilište u Zagrebu.

Peh, Z. (2009): Statistička obradba u Halamić, J. i Miko, S. (ur): Geokemijski atlas Republike Hrvatske, Hrvatski geološki institut, 27-28, Zagreb

Schaller A., Anić I., Vlahović T. (2014): Hidrogeološke značajke. Studija o utjecaju na okoliš za zahvat- Brza cesta Popovec – Marija Bistrica – Zabok: čvor Kašina – čvor Zlatar Bistrica (321.) 66-92. str.

Šikić, K. (1995): Prikaz geološke građe Medvednice. Geološki vodič Medvednice, 7-30 str., Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (Narodne novine 125/13),

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (Narodne novine 56/13),

Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba (2008): Rezultati monitoringa kakvoće vode na području Prigorja, HZJO, Zagreb.