Hidrogeološka obilježja izvora vode na području sjeveroistočnog dijela Prigorja

Lovrić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

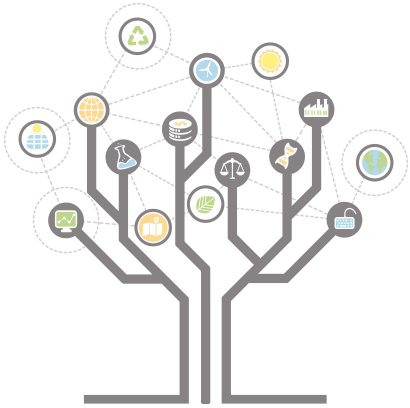
2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:223943

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Hidrogeološka obilježja izvora vode na području sjeveroistočnog dijela Prigorja

Lovrić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:223943

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-09**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

FILIP LOVRIĆ

HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA IZVORA VODE NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNOG DIJELA PRIGORJA

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2016

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA IZVORA VODE NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNOG DIJELA PRIGORJA

KANDIDAT: MENTOR:

FILIP LOVRIĆ Izv. prof. dr. sc. SANJA KAPELJ

VARAŽDIN, 2016

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: FILIP LOVRIĆ

Matični broj: 117- 2014./2015.

Smjer: HIDROTEHNIKA

NASLOV DIPLOMSKOG RADA:

HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA IZVORA VODE NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNOG DIJELA PRIGORJA

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Geološka obilježja
3. Hidrogeološka obilježja
4. Pregled vodozahvata, korištenje i upravljanje
5. Hidrokemijska istraživanja
6. Rasprava
7. Zaključak
8. Literatura

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak diplomskog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade diplomskog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 04.04.2016. Rok predaje: 05.09.2016.

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Sanja Kapelj

Neposredni voditelj: Dr.sc. Jelena Loborec

Predsjednica Odbora za nastavu: Doc.dr.sc. Sanja Kovač

REPUBLIKA HRVATSKA GEOTEHNIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

HIDROLOŠKA OBILJEŽJA IZVORA VODE NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNOG DIJELA PRIGORJA

(naslov diplomskog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Izv. prof. dr. sc. Sanja Kapelj**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 31. 8. 2016.

FILIP LOVRIĆ
(Ime i prezime)

F. Lovrić
(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK RADA

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, Jesenovec, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec i Šimunčevec. 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. 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. Raspoložive količine podzemnih voda mogu se povećati izgradnjom dodatnih kaptažnih objekata i zdenaca. Budući da će područje Sesveta u vrlo skoroj 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, Sesvete

SADRŽAJ

1. UVOD **1**

2. GEOLOŠKA OBILJEŽJA **3**

3. HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA **8**

4. PREGLED VODOZAHVATA, KORIŠTENJE I UPRAVLJANJE **11**

4.1. Opis vodozahvata **11**

4.1.1. Kašina *11*

4.1.2. Blaguša *13*

4.1.3. Planina Gornja *13*

4.1.4. Planina Donja *14*

4.1.5. Glavnica Donja *15*

4.1.6. Glavnica Gornja *16*

4.1.7. Šimunčevec *17*

4.1.8. Vugrovec Gornji *17*

4.1.9. Goranec Šebeki *17*

4.2. Korištenje vodozahvata **18**

4.2.1. Kašinski vodozahvat *18*

4.2.2. Blaguški vodozahvat *19*

4.2.3. Vodozahvat u Planini Gornjoj *19*

4.2.4. Vodozahvat u Planini Donjoj *20*

4.2.5. Vodozahvati u Glavnici Gornjoj i Glavnici Donjoj *20*

4.2.6. Šimunčevački vodozahvat *21*

4.2.7. Vodozahvat u Vugrovcu Gornjem *22*

4.3. Upravljanje vodozahvatima **23**

5. HIDROKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA **26**

5.1. Osvrt na dosadašnji monitoring kakvoće izvorskih voda **26**

5.2. Tehnike i metode hidrokemijskih istraživanja 29

5.2.1. Terenska mjerenja i uzimanje uzoraka vode 29

5.2.2. *Laboratorijska obrada uzoraka* 30

5.2.2.1. Određivanje koncentracije aniona 30

5.2.2.2. Određivanje kemijske potrošnje kisika 32

5.2.2.3. Određivanje ukupnog organskog ugljika 33

5.2.2.4. Određivanje ukupnog dušika 33

5.2.2.5. Mjerenje metala u uzorcima vode 34

5.3. Rezultati mjerenja 35

5.4. Statistička obrada podataka 38

5.4.1. Osnovni statistički parametri 38

5.4.2. Osnovni statistički parametri za uzorke vode 41

6. RASPRAVA 43

7. ZAKLJUČAK 44

8. LITERATURA 45

POPIS SLIKA

Stranica

Slika 2.1. Stup Planina –A i stup Planina – B 6

Slika 3.1. Potok Kašina – neuređeni i uređeni tok 9

Slika 4.1. Prostorni položaj istraživanog područja 11

Slika 4.2. Lokacija izvora i zdenaca te prostorni položaj na karti Grada Zagreba 12

Slika 4.3. Lokacija izvor „Petrovska Znoš“, „Toplična Znoš“ i „Pečina“
te njihov položaj na karti Grada Zagreba 13

Slika 4.4. Lokacija izvora Planina Gornja i položaj na karti Grada Zagreba 14

Slika 4.5. Lokacija izvora Planina Donja i položaj na karti Grada Zagreba 15

Slika 4.6. Lokacija izvora Glavnica Donja i položaj na karti Grada Zagreba 16

Slika 4.7. Lokacija izvora Glavnica Gornja i položaj na karti Grada Zagreba 16

Slika 4.8. Lokacija zdenca u Šimunčevcu i položaj na karti Grada Zagreba 17

Slika 4.9. Izvor Kašine, Zdenac 1, Zdenac 2 i 3 18

Slika 4.10. Izvor „Pečina“ „Petrovska Znoš“, „Toplična Znoš“ 19

Slika 4.11. Izvor Planina Gornja 20

Slika 4.12. Izvor i bušeni zdenac u Planini Donjoj 20

Slika 4.13. Izvor Glavnica Donja i zdenci u Glavnici Gornjoj 21

Slika 4.14. Bušeni zdenac u Šimunčevcu 21

Slika 4.15. Izvor „Šebeki“ i zdenac u Vukasovoj ulici u Vugrovcu Gornjem 22

Slika 4.16. Automatski klorinator postavljen u vodospremi (Planina Donja),
i postavljen direktno na vodovodnoj cijevi koja ide od izvora (Planina Gornja) 25

POPIS TABLICA

Stranica

Tablica 4.1. Popis stanovništva iz 2011. godine na istraživanom području 22

Tablica 5.1. Rezultati hidrokemijskih mjerenja (HZJZ, 2008) 27

Tablica 5.2. Rezultati određivanja elementarnog sastava podzemnih voda (HZJZ, 2008) 28

Tablica 5.3. Mikrobiološki pokazatelji (HZJZ, 2008) 28

Tablica 5.4. Rezultati mjerenja fizikalnih i kemijskih parametara 35

Tablica 5.5. Rezultati mjerenja hidrokemijskih 36

Tablica 5.6. a) Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata – nefiltrirani uzorci 36

Tablica 5.6.b) Rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata – filtrirani uzorci 37

Tablica 5.7. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (HZJZ, 2008) 41

Tablica 5.8. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (LGO, 2016) 41

POPIS I OBJAŠNJENJE KRATICA

AAS	atomska apsorpcijska spektroskopija
AES	atomska emisijska spektroskopija
FAAS	plamena atomska apsorpcijska spektrometrija
GFAAS	grafitna plamena atomska apsorpcijska spektrometrija
< DL	ispod granice detekcije (engl. below detection limit)
KPK	kemijska potrošnja kisika
MDK	maksimalno dopuštena koncentracija
TN	ukupni dušik (engl. total nitrogen)
TOC	ukupni organski ugljik (engl. total organic carbon)

GRAFIČKI PRILOZI

PRILOG 1: Pregledna geološka karta istraživanog područja M 1: 50 000 (prema OGK SFRJ list Ivanić Grad M 1:100000)

PRILOG 2: Pregledna hidrogeološka karta istraživanog područja M 1:50 000

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 kleti 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 (1035 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.) (Zavod za prostorno uređenje Grada Zagreba, 2008).

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 dotrajalosti 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 Šimunčevec.

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.

2. 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 (T_1) 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. Terigeni klastiti sadržavaju nešto više kvarcnih čestica, pa su češći arkozni kvarcni pješčenjaci, kvarcne grauvake i subgrauvake, što upućuje na bliži položaj kopnenog zaleđa.

U sjeveroistočnom području na dijelu grebena Lipa (689 m n.m.) – Rog (749 m n.m.) nalazi se niz manjih ili većih stijenovitih izdanaka i strmih litica, izgrađenih od biolititnih (grebenskih) rudistnih vapnenaca, prigrebenskih vapnenačkih breča, biokalkarenita i rijeđe biokalcirudita (K_2^2) . Vapnenači klastiti su se taložili u plićaku između rudistnih grebena. Sve te stijene pripadaju mastrihtu. Neposredno istočno od vrha Lipa, na maloj površini, sačuvan je biolititni (koraljno-algalni) kontinuitet sedimentacije iz mastrihta u paleocen. Manja pojava rudistne bioherme južno od Gornjeg Orešja vjerojatno je iste starosti.

U građi Medvednice od svih su stijena pozornost geologa najviše privlačile neogenske naslage čitavim slijedom od otnanga (M_2), karpata (M_3) , badena (M_4), sarmata (M_5) i panona (M_6) prema Geološkoj karti Medvednice (Basch et al., 1995) i (prema OGK SFRJ, 1983, M_2-M_3). 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.

Slatkovodne naslage otnanga ($_1M_2^1$), a moguće i dijela karpata ($_2M_2^1$) rasprostranjene su uglavnom u sjeveroistočnoj polovici Medvednice. Protežu se od Tepčine špice do grebenskog predjela iznad izvorišta potoka Reke (Moravče). Ti su predjeli sedimentima međusobno povezani preko područja naselja Planina. Od manjih, erozijom otkrivenih pojava, značajne su naslage s ugljenom u dolini potoka Bistrice (napušteni ugljenokop) i izdanci na padini brda Kamenjaka kraj Stubičkih Toplica. Transgresivni marinski sedimenti karpata rasprostranjeni su na jugoistočnim padinama Medvednice, u cjelovitom pojasu od sela Trnave do doline potoka Moravče, a kao manje pojave sve do naselja Nespeš.

Početkom gornjeg badena ($_1M_2^2$) počelo je maksimalno širenje marinske transgresije i more je prekrilo šire područje sjeverozapadne Hrvatske, pa i dio jugozapadnih predjela Medvednice. Tako između Zakičnice, Susedgrada, Bizeka i Mikulića, gornjobadenski sedimenti uglavnom direktno leže na trijaskim dolomitima (T_2, T_3). Dalje na sjeveroistok većim dijelom ih prekrivaju mlađi sedimenti neogena , pa su otkriveni samo mjestimice, i to između Kraljevca i Bačuna, te u neogenskom slijedu na potezu Medvedski breg-Vugrovec. U sjeveroistočnom dijelu Medvednice, između Laza i Sv. Ivana Zeline, ponovno transgresivno pokrivaju predtercijarne stijene (DC?, P_1?) .

Medvednica, relativno mala planina okružena neogenskim i kvartarnim sedimentima, vrlo je složene strukturne (navlačne) građe. Gorjanović – Kramberger 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 paleozojski, mezozojski i paleogenskih stijena, bila je već uglavnom strukturno formirana i približno smještena u današnji položaj, do uoči taloženja neogenskih sedimenata.

Zanimljiv geološki razvoj Medvednice potaknuo je i vrlo detaljno snimanje i geološku interpretaciju nekoliko geoloških stupova na području istraživanja.

Geološki stup Čučerje snimljen je u jarku oko 350 m sjeverozapadno od crkve u Čučerju (Avanić et al, 1995). Ukupna debljina otkrivenih naslaga je 42 m. Na stupu Čučerje razlikuju se tri dijela. U donjem (0-15 m) dolaze lapori u izmjeni s pijescima, u srednjem (15-35,4 m) koritno uslojeni pješčenjaci i ravno uslojeni biokalkareniti i breče, te u gornjem dijelu stupa (35,4-42 m) tufovi, bioklastični tufiti i pjeskoviti siltovi. U dnu donjeg dijela stupa lapori su masivni do ravno laminirani i sadržavaju proslojke pijesaka. Prema gore pješčana se komponenta povećava, a količina lapora smanjuje pa pri vrhu prevladavaju ravno uslojeni pijesci s laminama lapora. Lapori su siltni s malom količinom $CaCO_3$ od 26 % do 37 %.

Trasa „Vejalnica“ obuhvaća tri geološka stupa (A-C) i profil D koji se nalazi na grebenu Vejalnice istočno od naselja Čučerje (Avanić et al, 1995). Geološki stup Vejalnica-A snimljen je na grebenu sjeveroistočno od Čučerja, duž zasjeka kolnog puta od križanja Rog-Planina Donja do lovačke kuće. Debljina stupa je 155 m, a čine ga karpatske i donjobademske naslage. Odnos sa starijim otnanškim sedimentima nije vidljiv. Stup se sastoji od masivnog lapora karpatske starosti te pjeskovitih bioakumuliranih vapnenaca i fosilifernih kalcitičnih lapora s proslojcima biokalkarenita donjobademske starosti. Geološki stup Vejalnica-B neposredno se nastavlja na Vejalnicu-A. Debljina naslaga je 55 m. Od sedimenata dolaze masivni i ravno laminirani fosiliferni lapori sa zajednicom foraminifera donjobademske starosti. Geološki stup Vejalnice-C predstavlja mlađi nastavak stupa Vejalnice-B i nalazi se nešto južnije na grebenu.

Na trasi Planina snimljena su četiri manja geološka stupa A-D (Avanić et al, 1995). Stupovi Planina A-C nalaze se na asfaltnoj cesti koja vodi od Vukova dola (odvojak ceste Kašina-Laz) do naselja Planina Gornja, a stup Planina-D smješten je u jarku istočno od zaseoka Franci kod mjesta Planina Donja. Područje Planine je zbog zastupljenosti različitih stijena tercijarne starosti, djelomično dobre otkrivenosti izdanaka i pojava ugljena, već u prošlom stoljeću privlačilo pozornost geologa. Geološki stup A nalazi se uz asfaltnu cestu koja vodi od Vukova Dola prema Planini Gornjoj ***(Slika 2.1.)*****,** debljine je 11 m, a sastoji se od sedimenata otnanške starosti. Pedeset metara istočnije od izdanka otkrivene su paleozojske metamorfne stijene. Na stupu se razlikuju sljedeći facijesi: šljunci s lećama pijesaka, masivni siltovi, graduirani sitnozrnati sedimenti te kaotični

sedimenti. Crvenkasta boja sedimenata posljedica je trošenja feromagnezijskih minerala zbog djelovanja tropske semiaridne klime.



Slika 2.1. Stup Planina – A i stup Planina - C

Geološki stup Planina-B nalazi se 300 m sjeverozapadnije od stupa Planina-A. Sedimenti su otnanške starosti, a debljina im je 7,5 m. Stup se sastoji od ravno uslojenih kongerijskih vapnenaca. Količina $CaCO_3$ je između 80 % i 92 %, a rjeđe između 62 % i 80 % kada su zapravo lapori. Geološki stup Planina-C ***(Slika 2.1.)*** se nalazi u zasjeku ceste uz autobusnu stanicu u Planini Gornjoj. Naslage su otnanške staroti a njihova je debljina 4 m. Sastoji se od dva dijela. U donjem se nalaze kompaktniji ravno uslojeni do ravno laminirani siltni lapori, a u gornjem dijelu slabije vezani, pretežito ravno laminarni lapori (listićavi), s rjeđim milimetarskim laminama silta. Siltni lapor sadržava 83 % $CaCO_3$ pa je zapravo glinoviti vapnenac. U geološkom stupu Planina-D koji se nalazi u zaseoku Franci u Donjoj Planina, debljina snimljenih naslaga je 11,8 m. U snimljenom litološkom slijedu definirana su tri facijesa:

- Facijes siltova, kalcitičnih sa makrofaunom i ostrokodima;
- Facijes ravno uslojenih pješčenjak;
- Facijes masivnih konglomerata, fragmenti dubine do 45 cm.

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.

Na osnovi današnjeg prostornog položaja Medvednice u širem geotektonskom sklopu, u relacijama Alpida, Dinarida (uključene i južne Alpe) i Tisije, zatim stupnja poznavanja starosti i facijesnih obilježja sedimanata, genetske pripadnosti magmatita i udruženosti sa sedimentima, stupnja metamorfizma, starosti ishodišnih stijena i procesa metamorfoze, kao i prihvaćanja pretpostavke da svi tektogenetski kompleksi stijena u građi Medvednice potječu iz užih prostora Unutrašnjih Dinarida, može se tek približno rekonstruirati približni tijek geoloških zbivanja koja su rezultirala današnjim složenim strukturnim sklopom i geomorfološkim izgledom Medvednice.

Negdje tijekom otnanga radijalni tektonski pokreti uzrokovali su razbijanje dijelova dinarskog kopna u blokove, a vertikalnim i subvertikalnim kretanjem blokova i snažnom erozijom nastao je paleoreljef sa znatnim visinskim razlikama. Među borama je vidljivije izražena antiklinala pokraj Sv. Mateja, zatim sinklinala južno od Bistranskog podgorja, kao i bore u području Goranec-Vugrovec-Prekvršje-Vejalnica.

U tijeku holocena u Medvednici su obnovljena kretanja, kako na starim tako i na novonastalim rasjedima protezanja S-J i SZ-JI, s vertikalnim pa i horizontalnim pomacima pojedinih blokova. Ovdje se mogu uvrstiti i mlada kretanja u tektonskom bloku između Planine i Zelinske gore, koja su iskazana pomakom topografske (grebenske) razvodnice (vododjelnice) u smjeru sjeverozapada i u izvorišnim predjelima dolina potoka Moravče, Glavničica, Blaguša i Kašina.

Pregledna geološka karta M 1:50000 načinjena na osnovu Osnovne geološke karte SFRJ koja se odnosi na istraživano područje nalazi se u **PRILOGU 1** ovog rada. U prilogu se koriste litostratigrafske oznake iz OGK SFRJ list Ivanić-Grad 1:100000 (Basch, 1983).

3. HIDROGEOLOŠKA 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. Potoci i izvori većim dijelom se napajaju ovisno o količini oborina. Vodonosnici su većinom dobro propusne vapnenačke i dolomitne stijene.

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 km^2. 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 m^3/s, a na profilu Popovec Q_b = 0,100 m^3/s. Srednji godišnji bazni dotoci potoka Kašina (uključuju podpovršinski i podzemni dotok) u vlažnim godinama iznose na profilu Gornja Kašina Q_b = 0,154 m^3/s, a na profilu Popovec Q_b = 0,271 m^3/s ***(Slika 3.1.).***



Slika 3.1. Potok Kašina - neuređeni i uređeni tok

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.

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 kopanjem i bušenjem za potrebe individualne vodoopskrbe. Prihranjivanje podzemnih voda ograničeno je zbog značajnog površinskog otjecanja 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 međuzrnske poroznosti, bez mogućnosti značajne akumulacije podzemne vode. Prevladavaju klastične stijene (izmjene konglomerata, šljunaka, pijesaka i glina, mjestimice ugljena, zatim laporovitih i organogenih vapnenaca,

te vapnenačkih pješčenjaka, pješčenjaka, lapora (glinoviti, siltozno-pjeskoviti) i glina male debljine.

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.

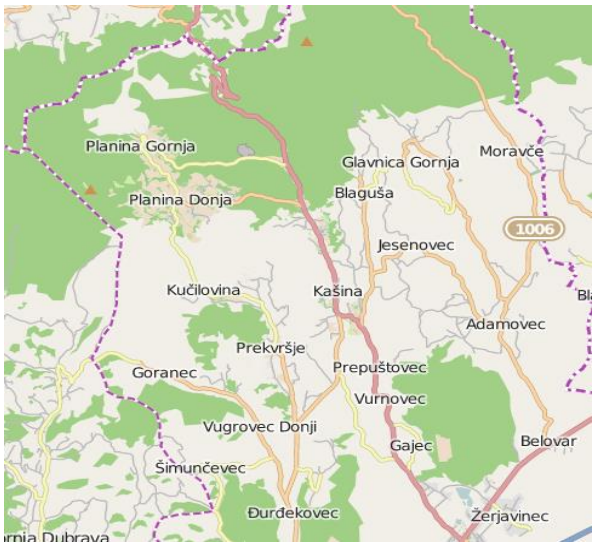
Zona kvartarnih naslaga u dolinama potoka predstavljena aluvijalnim sedimentima s promjenjivim granulometrijskim sastavom, te praporom (glinoviti siltovi, mjestimice siltozni pijesci i pjeskovite gline). Naslage prapora su slabo propusne.

Aluvijalne naslage su vezane uz potoke koji teku s masiva Zagrebačke gore prema jugu (Kašina, Blaguša, Glavničica) 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 glina. 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.

Hidrogeološka karta M 1:50000 u PRILOGU 2 istraživanog područja načinjena je na osnovu Pregledne geološke karte iz PRILOGA 1.

4. PREGLED VODOZAHVATA, KORIŠTENJE I UPRAVLJANJE

Sjeveroistočni dio Prigorja specifičan je po vodozahvatima. Većina vodozahvata su pod lokalnom samoupravom, a ispravnost vode za piće kontrolira Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ), dok troškove i obrade uzoraka vode financira Grad Zagreb. Područje istraživanja ograničeno je na sjeveroistočni dio, a sela koja pripadaju pod to područje, a imaju vodozahvate pod lokalnom samoupravom su: Kašina, Planina Gornja, Planina Donja, Blaguša, Jesenovec, Glavnica Donja, Glavnica Gornja, Prepuštovec, Vurnovec, Gajec, Vugrovec Gornji, Goranec i Šimunčevec ***(Slika 4.1).*** Vrijednosti istjecanja izvora navedene u ovom radu rezultat su terenskog mjerenja samog kandidata.



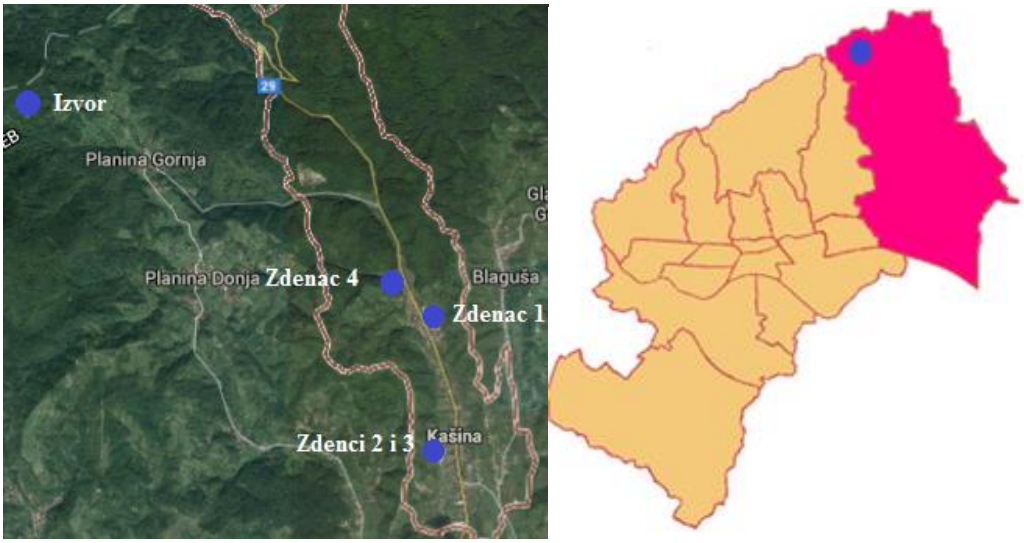
Slika 4.1. Prostorni položaj istraživanog područja

4.1. Opis vodozahvata

4.1.1. Kašina

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 ***(Slika 4.2.).*** Izvor je silazni, a pokrovni sloj oko izvora uglavnom se sastoji od paleocenskih i paleozojskih vapnenaca. Na količinu izdašnosti izvora, koji varira od 1 do 3 l/s, ima utjecaj i količina padalina na tom području.



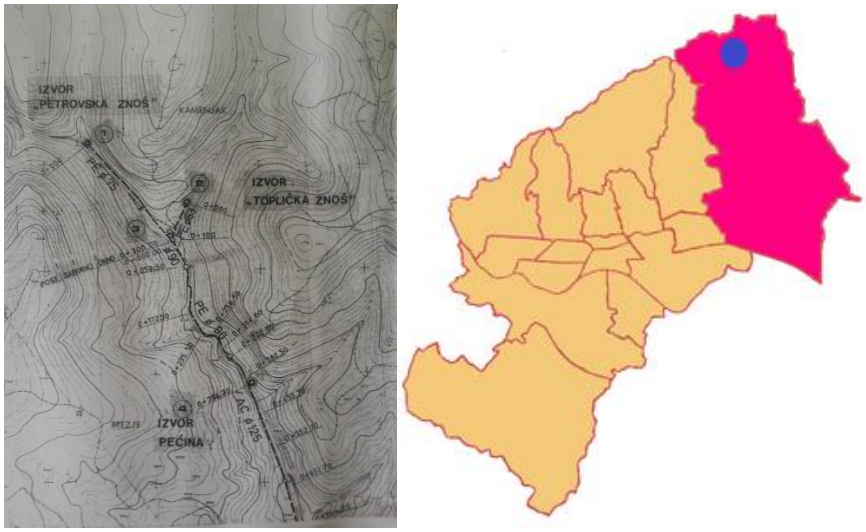
Slika 4.2. Lokacija izvora i zdenaca te prostorni položaj na karti Grada Zagreba

Bušeni zdenci nalaze se neposredno pokraj ceste Kašina-Laz. Prvi zdenac nalazi se uz potok „Kašina“ u Gornjoj Kašini iza betonskog igrališta ***(Slika 4.2.).*** Zdenac je dubine 9 m. Podinu čine laporovite stijene, a vodonosnik se napaja procijeđivanjem površinskih voda kroz aluvijalne naslage. Procijenjena maksimalna izdašnost ovog bunara ja 3 l/s. Druga dva zdenca su u centru Kašine ispod groblja u malom parku. 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.

4.1.2. Blaguša

Blaguški vodozahvati se sastoje od tri zahvaćena izvora „Petrovska znoš“, „Toplička znoš“ i „Pećina“. Sva tri izvora nalaze se neposredno uz potok „Blaguša“ i to u zoni samog izvora potoka, dok se „Pećina“ nalazi nizvodnije za oko 500 m ***(Slika 4.3.)***. Izvori se nalaze u strmom zasjeku između brda „Kamenjak“ i „Brezje“.

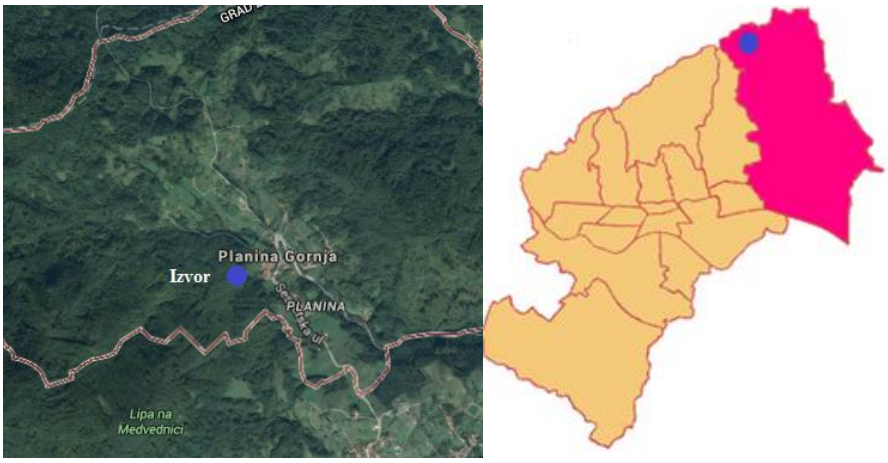
Na tom području nisu evidentirana saznanja o stijenskom sastavu vodonosnika, pa općenito možemo reći da su stijene izgrađene od vapnenaca, a na mjestima u usjecima potoka su uočeni i lapori. Izdašnost izvora varira ovisno o količini padalina. Na izvoru „Petrovska znoš“ procjenjuje se 1,3 l/s, na izvoru „Toplička znoš“ od 2,3 do 3,3 l/s a na izvoru „Pećina“ od 0,7 do 1,6 l/s.



Slika 4.3. Lokacije izvora „Perovska znoš“, „Toplička znoš“ i „Pećina“ te njihov položaj na karti Grada Zagreba

4.1.3. Planina Gornja

Planina Gornja ima samo jedan zahvaćeni izvor koji se nalazi u samom selu na početku Podjezerske ulice oko 500 m u smjeru Lipe ***(Slika 4.4.).***

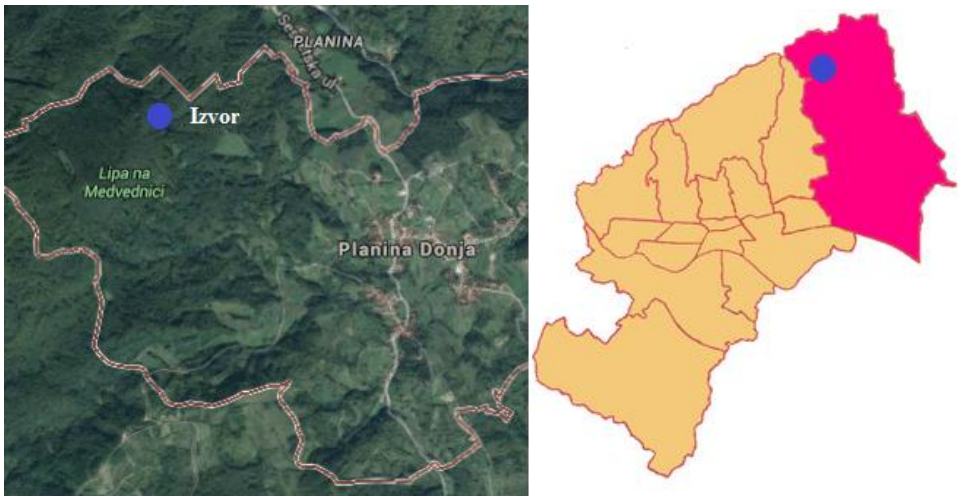


Slika 4.4. Lokacija izvora Planina Gornja i položaj na karti Grada Zagreba

Uz izvor teče mali potok srednjeg protoka 0,4 l/s, koji presuši u ljetnim sušnim razdobljima, obično tijekom srpnja i kolovoza. Na tom području nalazimo slojeve lapora koji leže na vapnenačkim stijenama. Izvor je silazni te se nalazi u podnožju Lipe, a područje napajanja ima nešto veću površinu. Procijenjena izdašnost ovog izvora varira od 1-3 l/s.

4.1.4. Planina Donja

Vodovod Planine Donje se napaja jednim zahvaćenim izvorom, te jednim bušenim zdencem. Zahvaćeni izvor nalazi se oko 1 kilometar jugoistočno od zahvaćenog izvora „Kašina“, te je isto tako udaljen od puta Planina Donja-Lipa ***(Slika 4.5.).*** Spada u silazne izvore. Stijene koje su zastupljene iznad izvora su većinom izgrađene od uslojenih vapnenaca Izdašnost izvora 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, na putu Planina Donja-Lipa kod crkve. Zdenac je dubine 53 m, a izdašnost mu je 0,8 l/s. Stijenski sastav snimljen nedaleko od tog područja možemo podijeliti u tri skupine: facijes siltova, kalcitičnih, sa makrofaunom i ostrakodima, i nešto dalje – facijes ravno uslojenih pješčenjaka i facijes masivnih konglomerata.



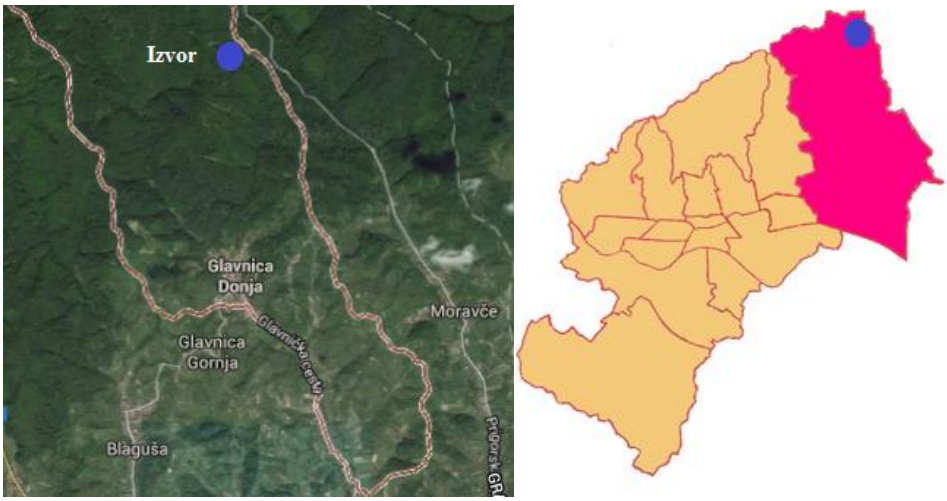
Slika 4.5. Lokacija izvora Planina Donja i položaj na karti Grada Zagreba

4.1.5. Glavnica Donja

Glavnica Donja ima dva zahvaćena silazna izvora. Prvi izvor nalazi se oko 700 m južno od prijevoja asfaltirane ceste Moravče-Marija Bistrica ***(Slika 4.6.)***. Uslijed tektonike glavna žila izvora je većim dijelom presječena te se voda zahvaća iz potoka koji teče neposredno pokraj izvora.

Od stijenskog sastava imamo veću količinu vapnenačkih stijena i nešto življe boje (svijetlosmeđa, crvenkasta i zelenkasta) metaklastita. Najčešći litološki član su različiti varijateti reklistaliziranih vapnenaca i mramora s prijelazom u mramorne škriljavce. Izdašnost izvora procijenjuje 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.

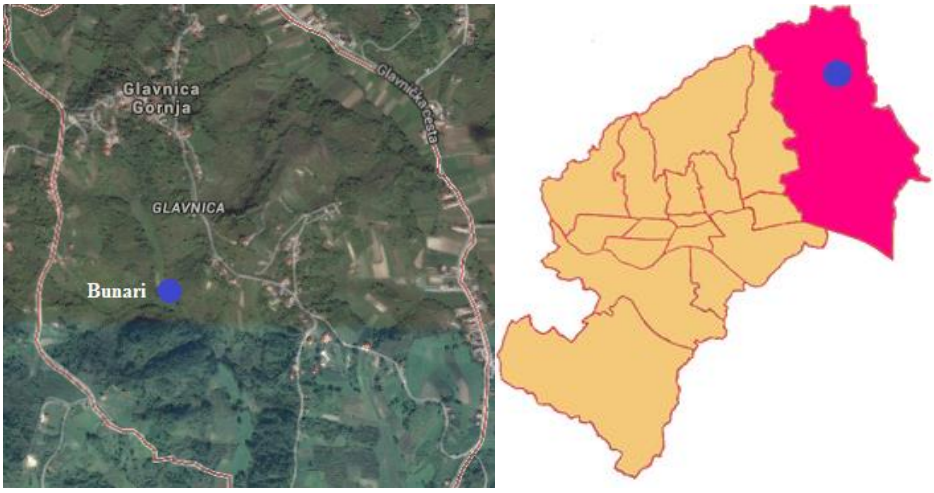


Slika 4.6. Lokacija izvora Glavnica Donja i položaj na karti Grada Zagreba

4.1.6. Glavnica Gornja

Vodozahvati Glavnice Gornje se sastoje od tri kopana zdenca, koja se nalaze u dolini između brda Gornji Levaki i Glavnice Gornje ***(Slika 4.7.).*** 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.

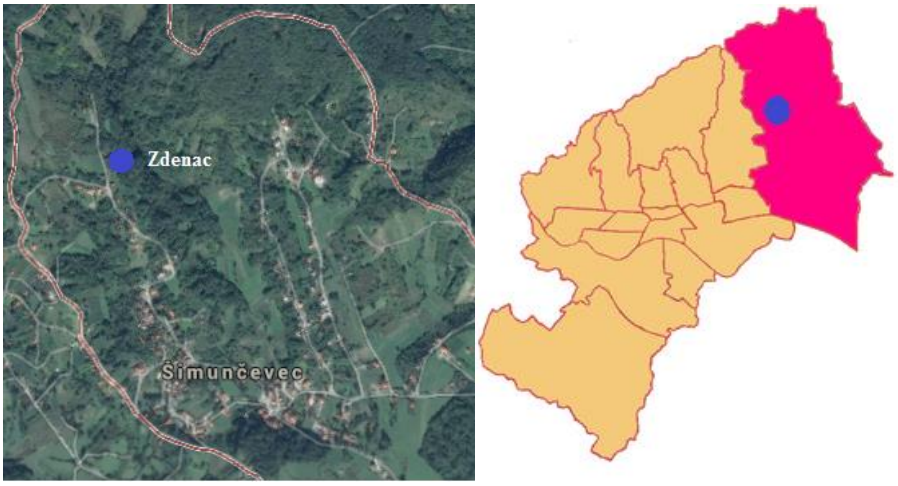
Vodonosnik je otvorenog tipa u pretežito slabo propusnim naslaga, a u dubljim dijelovima nalazi se laporovita podina. Procjenjuje se da su sva tri bunara ukupne izdašnosti 0,7 l/s.



Slika 4.7. Lokacija zdenaca Glavnica Gornja i položaj na karti Grada Zagreba

4.1.7. Šimunčevec

Šimunčevec ima jedan bušeni zdenac koji se nalazi 300 m sjeveroistočno od kraja ceste koja vodi od autobusnog okretišta u Šimunčevcu prema sjeverozapadu ***(Slika 4.8.).*** U širem području oko zdenca imamo lapore u izmjeni sa pijescima, koritno uslojene pješčenjake i uslojene biokalkarenite i breče. Procijenjena izdašnost ovog zdenca kreće se od 3-4 l/s.



Slika 4.8. Lokacija zdenca u Šimunčevcu i položaj na karti Grada Zagreba

4.1.8. Vugrovec Gornji

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. Stijenski sastav vodonosnika je sličan kao i na području vodozahvata u Šimunčevcu.

4.1.9. Goranec - Šebeki

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. Na samom lokalitetu nemamo posebnih saznanja o stijenskom sastavu vodonosnika, pa pretpostavljamo da je on također sličan kao i u prethodna dva slučaja.

4.2. Korištenje vodozahvata

Trenutna situacija samih vodozahavata, na istraživanom području, cjelokupno gledano, 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 (štala, kokošinjaca 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.

4.2.1. Kašinski vodozahvati

Kašinski vodozahvati su dotrajali ali još uvijek u uporabnom stanju, što se može vidjeti i sa ***Slika 4.9.*** Kao što je gore navedeno ti su se vodozahvati davno radili i za njih postoji dokumentacija izrade zdenaca dok za zahvaćeni.

Za kaptirani izvor nema zapisa o istražnim radovima. Kaptaža izvora sastoji se od jedne komore i preljeva.



Slike 4.9. Izvor Kašine, Zdenac 1, Zdenac 2 i 3.

4.2.2. Blaguški vodozahvati

Sva tri zahvaćena izvora Blaguškog vodovoda: *„Pečina“, „Petrovska Znoš“, „Topličkа Znoš“* 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 gubitci.

Sadašnje stanje vodozahvata je prihvatljivo ***(Slika 4.10.)***, s time da ponovna sanacija vodozahvata ne bi bila loša. Vodozahvati se sastoje od komore za dotok i preljeva gdje se zahvaća voda. Vodozahvat „Pečina“ je nešto drugačiji jer se nalazi nizvodnije od ostale dvije kaptaže, tako da ona ima i komoru za dotok vode s druga dva izvora



Slika 4.10. Izvori „Pečina“, „Petrovska Znoš“, „Topličkа Znoš“

4.2.3. Vodozahvat u Planini Gornjoj

Sadašnje stanje zahvaćenog izvora Planina Gornja u odličnom je stanju. Izvor je potpuno zatvoren s jednim oduškom za zrak ***(Slika 4.11.).*** Voda direktno otječe u sabirnu komoru koja se nalazi desetak metara dalje, te se od tamo dalje transportira do vodosprema.



Slika 4.11. Izvor Planina Gornja

4.2.4. Vodozahvat u Planini Donjoj

Sami izvor Planine Donje je također zatvoren, s time da je oko njega izgrađena mala komora iz koje dalje voda ide u drugu komoru i preljev ***(Slika 4.12.).*** Vodozahvat je rađen prije nekoliko desetaka godina, a u novije vrijeme je dorađivan 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 4.12. Izvor i bušeni zdenac u Planini Donjoj

4.2.5. Vodozahvati u Glavnici Donjoj i Glavnici Gornjoj

Oba izvora Glavnice Donje su u lošem stanju radi dotrajalosti kaptaža na izvorima i neodržavanja postojećeg sustava vodozahvata ***(Slika 4.13.).***



Slika 4.13. Izvor Glavnice Donje i zdenci u Glavnici Gornjoj

Zdenci 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.

4.2.6. Šimunčevački vodozahvat

Bušeni zdenac u Šimunčevcu je također u dotrajalom stanju, međutim još uvijek je u funkciji ***(Slika 4.14.).*** Zahvaćena voda se gravitacijski odvodi do vodospreme, a u novije vrijeme ugrađena je pumpa zbog bržeg dotoka vode u vodospremu.



Slika 4.14. Bušeni zdenac u Šimunčevcu

4.2.7. Vodozahvati u Vugrovcu Gornjem

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 4.15.).*** Potrebno je napraviti sanacijsko čišćenje postojećih građevina.



Slika 4.15. Izvor „Šebeki“ i zdenac u Vukasovoj ulici u Vugrovcu Gornjem

Ukupni broj stanovnika koji se nalaze na području istraživanog prostora iznosi 6089 stanovnika prema Popisu stanovništva, kućanstava i stanova iz 2011.godine (Buršić et al., 2011) , a raspoređeni su u 13 naselja **(Tablica 4.1.).** 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.

Tablica 4.1. Popis stanovništva iz 2011. g. na istraživanom području (Buršić et al., 2011)

	Broj stanovništva	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
Šimunčevec	275	96
Vurnovec	201	78
Vugrovec Gornji	356	114
Σ	6089	1923

Broj stanovnika kao i broj kućanstava poprilično je velik, te se taj podatak ne smije zanemariti. Ako uzmemo da je prosječna potrebna specifična količina vode 130 l po stanovniku na dan, ispada da je potrebno prosječno 791,7 m^3 vode na dan. Zbroj svih izdašnosti na istraživanom području otprilike iznosi 25 l/s (prosječna vrijednost), a to je 2160 m^3/dan. Prema tome je sadašnja količina raspoložive 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 dok na drugim mjestima nedostaje potrebna količina 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 potrošnju vode.

4.3. 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 produčju 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 - Šimunčevec - Paruževina - Prekvršje - Šebeki - Glavnica Donja - Glavnica Gornja - Planina Donja - Kašina – Blaguša

Uzorkovanje se obavlja jednom mjesečno na slavinama u privatnim i javnim objektima te jednom godišnje na izvorištima lokalnih vodovoda. O svakom rezultatu obavljenih ispitivanja, Odjel za zdravstvenu ekologiju pismeno 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.

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 4.16.),*** 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.



Slika 4.16. Automatski klorinator postavljen u vodospremi (Planina Donja), i postavljen direktno na vodovodnoj cijevi koja ide od izvora (Planina Gornja)

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, što 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.

5. HIDROKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA

5.1. Osvrt na dosadašnji monitoring kakvoće izvorske vode

Monitoring na istraživanom području se obavljao i obavlja na slavinama u privatnim i javnim objektima i to jednom mjesečno, te izvorištima lokalnih vodovoda, jednom godišnje. O svakom rezultatu obavljenih ispitivanja, Odjel za zdravstvenu ekologiju pismeno 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 (HZJZ, 2008).

U daljnjim tablica **(Tablica 5.1., 5.2. i 5.3.)** navedeni su svi ispitivani parametri kakvoće koji su se mjerili na uzorcima vode, te njihove vrijednosti. Ispitivanje uzoraka proveo je HZJZ (Hrvatski zavod za javno zdravstvo) u suradnji sa Gradskim uredom za zdravstvenu ekologiju. Mjerenja su se radila u 2008. godini.

Izdvojeni su podaci samo za lokalne vodovode na istraživanom području, i to na sljedećim mjestima:

1. Kašina
2. Blaguša
3. Planina Gornja
4. Planina Donja
5. Glavnica Donja
6. Glavnica Gornja
7. Šimunčevec
8. Vugrovec Gornji
9. Goranec (Šebeki)

Tablica 5.1. Rezultati hidrokemijskih mjerenja (HZJZ, 2008)

UZORAK	T	Boja	Miris	Okus	Mutnoća	pH	EC	TDS	KPK	Uk. tvrdoća	SO_4^{2-}	Cl^-	NH_3	NO_3^-	NO_2^-	HCO_3^-
Mjesto / datum	(^{0}C)	Pt/Co skala			NTU	pri 25 ^{0}C	(µS/cm)	(mg/L)	(mgO_2/L)	(mg/L $CaCO_3$)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1/130308	13,7	<5	Bez	Bez	1,2	7,63	301	195	0,52	181,2	18,8	3	0,02	1,1	0,005	202,5
2/130308	11,1	<5	Bez	Bez	0,63	6,85	387	242	0,45	224,4	14,4	3,2	0,02	0,38	0,005	263,3
3/130308	10,7	<5	Bez	Bez	0,3	7,02	435	258	0,45	190,4	13,6	1,85	0,02	0,47	0,005	211,9
4/130308	11,1	<5	Bez	Bez	0,3	7,12	277	194	0,45	173,6	15,7	1,5	0,02	0,64	0,005	185,5
5/130308	9,4	<5	Bez	Bez	0,52	7,2	353	214	0,45	219,2	13,9	1,9	0,02	0,99	0,005	246,3
6/130308	9,6	<5	Bez	Bez	1,08	6,54	816	522,4	1,05	420,0	66,1	46,2	0,02	3,77	0,005	451,9
7/270208	16,2	<5	Bez	Bez	0,31	7,78	714	457	0,52	380,4	51	10,6	0,02	1,11	0,005	401,6
8/100516	12,9	<5	Bez	Bez	0,69	7,15	766	488	0,75	431,2	55,6	2,6	0,02	0,49	0,005	470,6
9/270208	8,4	<5	Bez	Bez	1,08	7,35	685	438	0,67	373,6	23,7	2,8	0,02	1,6	0,005	420,4
MDK	<25	<20	Bez	Bez	<4	6,5-9,5	<2500		5		250	250	0,5	50	0,5	

Tablica 5.2. Rezultati određivanja elementarnog sastava podzemnih voda (HZJZ, 2008)

UZORAK	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	As	Al
Mjesto / datum	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(µg/L)	(µg/L)
1/130308	59,9	5,43	3,91	0,59	24,6	2,2	2	3,9
2/130308	71,5	10,9	6,96	0,57	5	0,5	6,3	<3
3/130308	66,5	4,5	2,1	0,2	5	0,5	1,6	<3
4/130308	44,9	12,2	2,37	0,29	5	0,5	3,7	<3
5/130308	67	10,7	2,51	0,64	5	0,5	1	<3
6/130308	148	19,1	19,6	4,95	6,4	5,9	1	<3
7/270208	128,9	14,4	7,7	1,5	6,6	0,8	1	<3
8/100516	146,7	16,3	3,4	0,9	5	0,5	1	<3
9/270208	133,1	11,9	1,3	0,9	21,7	1,1	1	19,9
MDK		250	<200	<12	<200	<50	10	<150

Tablica 5.3. Mikrobiološki pokazatelji (HZJZ, 2008)

UZORAK	Aer. Mez. Bakt	Aer. Mez. Bakt	Ukupni koliformi	Fekalni koliformi
Mjesto / datum	37 °C/ 1 ml	22 °C/ 1 ml	37 °C/100 ml	44 °C/100 ml
1/130308	248	288	0	0
2/130308	11	16	5	0
3/130308	7	9	0	0
4/130308	1	3	0	0
5/130308	14	120	2	0
6/130308	66	264	200	109
7/270208	30	51	0	0
8/100516	395	480	5	0
9/270208	27	92	24	0
MDK	20	100	0	0

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 uzorka 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 kolifirmnih 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 svako drugi dan. Na sreću, prema podatcima 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).

5.2. Tehnike i metode hidrogeokemijskih istraživanja

5.2.1. Terenska mjerenja i uzimanje uzoraka

Istraživanja za potrebe ovog diplomskog rada proveo je sam kandidat i to detaljno geološko i hidrogeološko rekognosciranje terena te veći dio analitičkih postupaka u laboratoriju. Tijekom travnja i svibnja 2016. godine sakupljeno je 14 uzoraka vode, koji su svi sa područja 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: temperatura (^oC), pH, elektrovodljivost (EC) i ukupno otopljena kruta tvar (eng. kratica TDS – total dissolved solids). Ti su se parametri određivali digitalnim konduktivimetrom 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, el. vodljivosti i ukupno otopljene krute tvari. Pomoću drugog instrumenta s temperaturnom kompenzacijom i elektrode izmjerila se vrijednost pH.

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 HNO_3 tvrtke MERCK.

5.2.2. Laboratorijska obrada uzoraka

Sve laboratorijske metode istraživanja su provedene u Laboratoriju za geokemiju okoliša Geotehničkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, u Varaždinu. Tijekom pripreme uzoraka za analizu, uzorci vode su temperirani na sobnoj temperaturi.

5.2.2.1 Određivanje koncentracije aniona

U uzorcima voda mjerene su koncentracije nitrita, nitrata, amonijaka, fosfata, sulfata i klorida na UV/VIS spektrofotometru tvrtke HACH LANGE prema uputama iz priručnika za rad s navedenim uređajem i priručnikom Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995).

Nitriti

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode . Uzorku je dodan reagens *NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 20 minuta da dođe do reakcije između reagensa i nitrita. Za slijepu probu koristi se uzorak vode bez reagensa. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Nitriti u uzorku reagiraju sa sulfanilnom kiselinom pa nastaje diazonijeva sol koja reagira s kromotropnom kiselinom te se dobije ružičasto obojeni kompleks izravno proporcionalan koncentraciji prisutnog nitrita. Rezultati se mjere na valnoj duljini 507 nm. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Nitrati

Uzorak se ulije u čašu od 50 mL i dodaje 1 ml 1M HCl te dobro promiješa. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Mjerenje se vrši na valnoj duljini od 220 i 275 nm budući da se nitrati i organska tvar apsorbiraju na valnoj duljini 220 nm, a ne apsorbiraju na valnoj duljini 275 nm pa se vrši korekcija apsorbancije.

Mjeri se u skladu s UV metodom koja je preuzeta iz Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995).

Amonijak

U staklenu kivetu stavljeno je 10 ml uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *Ammonia Salycylate Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 3 minute. Nakon toga dodan je reagens *Ammonia Cyanurate Reagent Powder Pillow*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 15 minuta da dođe do reakcije između reagensa i amonijaka. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Komponente amonijaka reagiraju s klorom i nastaje monokloramin koji u reakciji sa salicilatom stvara 5-aminosalicilat koji se oksidira u prisutstvu katalizatora natrijevog nitroprusida te nastaje plavo obojenje. Plava boja je maskirana žutom bojom reagensa u suvišku što rezultira zeleno obojenom otopinom. Rezultati se mjere na valnoj duljini 655 nm. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Fosfati

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *PhosVer 3 Phosphate Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 2 minute da dođe do reakcije između reagensa i fosfata. Za slijepu probu koriste se uzorci bez dodanih reagensa. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Ortofosfati reagiraju s molibdatom u kiselom mediju i nastaje miješani fosfatno/molibdatni kompleks. Askorbinska kiselina reducira kompleks uz pojavu izrazito plave boje molibdena. Rezultati se mjere na valnoj duljini 880 nm. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Sulfati

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan reagens *SulfaVer 4 Sulphate Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 5 minuta da dođe do reakcije između reagensa i fosfata. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Sulfatni ioni u uzorku reagiraju s barijem iz reagensa i talože se u formi barijevog sulfata. Mutnoća uzorka (turbiditet) je proporcionalna koncentraciji sulfata. Rezultati se mjere

na valnoj duljini 450 nm. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Kloridi

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodan 1 mL reagensa *Mercuric Thiocyanate Solution* i 0.5 mL *Ferric Ion Solution*. Uzorak je mućkan dok se reagensi nisu dobro pomiješali te je nakon tog ostavljen da miruje 2 minute da dođe do reakcije između reagensa i klorida. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda. Nakon toga je izvršeno mjerenje na spektrofotometru.

Kloridi u uzorku reagiraju s živinim tiocijanatom te nastaje živin klorid uz oslobađanje tiocijanatnog iona koji reagira s ionima željeza i stvara narančasti kompleks željezo (III) tiocijanata čija je koncentracija proporcionalna koncentraciji klorida. Rezultati se mjere na valnoj duljini 455 nm. . (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Fluoridi

U staklenu kivetu stavljeno je 10 mL uzorka vode. Uzorku je dodano 2 mL reagensa *SPADNS Reagent*. Uzorak je protresen dok se reagens nije u potpunosti otopio i nakon toga je ostavljen da miruje 1 minutu da dođe do reakcije između reagensa i fluorida. Za slijepu probu koristi se deionizirana voda.

SPADNS metoda određivanja fluorida uključuje reakciju fluorida s crvenom otopinom cirkonija. Fluoridi se spajaju s dijelom cirkonija stvarajući bezbojan kompleks te tako izbjeljuju crvenu boju otopine proporcionalno koncentraciji fluorida. Rezultati se mjere na valnoj duljini 580 nm. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

5.2.2.2. Određivanje kemijske potrošnje kisika

Kemijska potrošnja kisika (KPK) je količina oksidacijskog sredstva (kalijevog permanganata, $KMnO_4$) izražena kao koncentracija kisika utrošena za oksidaciju organskih sastojaka vode uz određene uvjete. Postupak određivanja temelji se na oksidaciji organskih sastojaka u vodenom eluatu pomoću otopine $KMnO_4$ poznate koncentracije, pri temperaturi vrenja u vremenskom razdoblju od 10 minuta, za što se utroši određena količina kalijevog permanganata. Oslobođeni kisik oksidira organsku tvar u vodi, ali ne potpuno. Stoga je ova

metoda samo relativno mjerilo količine organske tvari, otopljene ili suspendirane u vodenom eluatu (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995).

Prvi korak je priprema standardne otopine natrijevog oksalata, $Na_2C_2O_4$. Zatim je 100 mL vode svakog uzorka odmjereno u Erlenmayerovu tikvicu od 250 mL, dodano je 15 mL sulfatne kiseline (1:3) te su uzorci zagrijani do vrenja i kuhani 5 minuta. U vruće uzorke dodano je 15 ml standardne otopine kalijevog permanganata, $c(KMnO_4) \approx 0{,}002$ M te su se nastavili kuhati 10 minuta. Nakon toga je u otopinu dodanu 15 mL standardne otopine natrijevog oksalata te je otopina nastavljena kuhati do potpunog obezbojenja. Vruća otopina titrirana je standardnom otopinom kalijevog permanganata, $c(KMnO_4) \approx 0{,}002$ M do pojave ružičaste boje koja se zadržava najmanje 30 sekundi.

5.2.2.3. Određivanje ukupnog organskog ugljika

TOC analizator tvrtke Shimadzu (TOC-V_{CPN}) služi za mjerenje koncentracije organskog ugljika u uzorcima vode i vodenim eluatima tla. Instrument radi na principu samostalnog uzimanja mikrolitarskih količina vode za ispitivanje,njihovom katalitičkom spaljivanju u peći na temperaturi od 680 °C gdje se uzorak pretvara u plinovito stanje te se prolaskom nastalih plinova kroz nedisperzijski infracrveni (engl. non-dispersive infrared) detektor bilježi nastala količina CO_2. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995)

5.2.2.4. Određivanje ukupnog dušika

Koncentracije ukupnog dušika u uzorcima voda izmjerene su TOC-V_{CPN} analizatorom tvrtke Shimadzu (TNM-1 analizatorom).

Uzorak se ubrizgava u kivetu za razlaganje uzorka koja ga zagrijava na 720°C. U kiveti uzorak prelazi u dušik-monoksid koji se nakon odvlaživanja i hlađenja prenosi strujom pročišćenog zraka (130 mL/min) do kemoluminiscencijskog detektora. Nakon usporedbe sa signalom standardnog uzorka, uređaj određuje koncentraciju ukupnog dušika u uzorku.

5.2.2.5.Mjerenje metala u uzorcima vode

Prilikom uzimanja uzoraka, jedan dio uzoraka je profiltriran kroz mikrofiltar (0,22 μm), a jedan dio nije. Oba uzorka su zatim zakiseljena ultrapure HNO_3 tvrtke MERCK na pH<2 kako bi se smanjila adsorpcija elemenata na stijenke polietilenskih bočica.

Atomska apsorpcijska spektroskopija

Atomska apsorpcijska spektroskopija (AAS) je kvantitativna metoda za određivanje koncentracije metala u otopini. Koristi se za određivanje više od 60 elemenata. Za atomiziranje uzoraka najčešće se koristi plamen,a temperature koje se postižu sagorijevanjem smjese acetilen-zrak variraju od 2200-2400 ºC. Ne primjenjuje kontinuirani spektar zračenja nego izvore koji emitiraju linije zračenja istih valnih duljina kao što su one apsorpcijskog maksimuma uzorka.

Vodena otopina uzorka se raspršuje u obliku fine vodene prašine i miješa s plinovitim gorivom i oksidansom koji ga unose u plamen. Otapalo ispari u osnovnom području plamena, a fino razdijeljene čestice odlaze u područje sredine plamena koje je najtopliji dio plamena. U tom dijelu iz čvrstih čestica nastaju plinoviti atomi i elementarni ioni te se pobuđuju atomski emisijski spektri. Najčešće primjenjivan izvor zračenja je žarulja sa šupljom katodom. Dio upadne svjetlosti koja prođe kroz uzorak apsorbiraju atomi određivanog elementa. Za svaki element potrebna je druga lampa, a koncentracija elementa u uzorku je proporcionalna apsorpciji zračenja.

Metodom FAAS (Flame atomic absorption spectrometry) su za potrebe diplomskog rada određene koncentracije sljedećih elementata: **Ca**, **Fe**, **Mg**, **Mn** i **Zn**, a **Na i K** mjereni su istom tehnikom, ali emisijski (AES) . Atomska emisijska spektroskopija (AES) vrlo je slična atomskoj apsorpcijskoj spektroskopiji, a razlika je u tome što AES ne koristi vanjski izvor zračenja nego pobuđeni ioni uzorka služe kao izvori zračenja.

Elementi **Cu, Pb, Cd, As** mjereni su grafitnom tehnikom - GFAAS (graphite furnace atomic absorption) tehnici. Koncentracija **Hg** izmjerena je hidridnom tehnikom.

5.3. Rezultati mjerenja

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 5.4. i 5.5.

U tablicama 5.6.a) i 5.6.b) prikazani su rezultati određivanja koncentracije pojedinih elemenata u nefilriranim i filtriranim uzorcima.

Oznaka < DL označava koncentracije koje su manje od granica određivanja elemenata pojedinom tehnikom i metodom (eng. detection limit).

Tablica 5.4. Rezultati mjerenja fizikalnih i kemijskih parametara

UZORAK	T_t	T_l	pH	EC_t	EC_l	TDS_t	TDS_l	KPK	TOC
Mjesto /datum	(^{0}C)	(^{0}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 5.5. 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 5.6. a) 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 5.6. a) 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 5.6. b) 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 5.6. b) 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**

5.4. Statistička obrada podataka

Analitički rezultati koji su korišteni za statističku obradu podataka (Kovač, 2010) prikazani su u poglavlju 5.3.

5.4.1. Osnovni statistički parametri

Statistički skup je skup elemenata koji posjeduju neko zajedničko obilježje čija vrijednost varira od elementa do elementa. To obilježje naziva se **statističko obilježje**. Iz sortiranih podataka i grafičkih prikaza dobro se razabire koje se vrijednosti statističkog obilježja pojavljuju češće, a koje rjeđe. Vrijednost koja se najčešće pojavljuje naziva se **mod**.

Aritmetička sredina (prosjek, srednja vrijednost) je zbroj svih podataka podijeljen s ukupnim brojem podataka:

$$\overline{X} = \frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot f_i$$

gdje je:

N = ukupan broj podataka,

n = broj razreda,

f = broj pojavljivanja,

x = statističko obilježje,

odnosno, to je prosječna vrijednost obilježja svih jedinica skupa.

Varijanca σ^2 karakterizira rasipavanje vrijednosti statističkog obilježja oko pripadne aritmetičke sredine:

$$\sigma^2 = \frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \cdot f_i - \overline{X}^2$$

Ako je područje rasipavanja veće, vrijednosti varijance će biti veće. Ako rasipavanja nema, odnosno ako su svi elementi u skupu jednaki, varijanca je jednaka nuli. **Standardna devijacija** određuje se iz varijance izračunavanjem kvadratnog korijena:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \cdot f_i - \overline{X}^2}$$

Ima istu jedinicu kao i standardno obilježje. Standardnom devijacijom dobiva se mjera varijabilnosti (odstupanja, raspršenosti). Manja vrijednost σ znači manju varijabilnost statističkog skupa. Kod empiričkih distribucija uočeno je pravilo da su sve ili gotovo sve vrijednosti statističkog obilježja obuhvaćene intervalom $\overline{X} \pm 3\sigma$.

Medijan je vrijednost koja se nalazi točno u sredini promatranog skupa podatka, dijeleći ga na dva jednaka dijela (50 %). U elementarnoj statistici zauzima posebno mjesto kao središnji (pedeseti) percentil. Primjena **percentila** uvelike olakšava usporedbu geokemijskih karata. 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)

Korelacija je suodnos, međusobna povezanost između različitih pojava predstavljenih vrijednostima dviju varijabli. Vrijednost jedne varijable moguće je s određenom vjerojatnošću predvidjeti na osnovi saznanja vrijednosti druge varijable. Koeficijent korelacije (r) izražava mjeru povezanosti između dvije varijable u jedinicama neovisnima o konkretnim jedinicama

mjere u kojima su iskazane vrijednosti varijabli. Koeficijent korelacije numerički pokazuje stupanj povezivosti između dviju pojava. Ako je $|r| < 0{,}5$ podaci su slabo korelirani, a ako je $|r| > 0{,}5$ korelacija je značajna. Ako je $|r| = 1$, veza je funkcionalna, zavisna varijabla mijenja se točno po određenom matematičkom zakonu (funkciji).

Kovarijanca σ_{xy} ukazuje na jakost veze između varijabli x i y i to na način da je njena apsolutna vrijednost veća ako je veza između x i y jača. Kod pojava među kojima nema povezanosti, kovarijanca je približno jednaka nuli. Kovarijanca ima pozitivan predznak ako je veza između x i y pozitivna (ako raste x tada u prosjeku raste i y), odnosno negativna ako je veza između x i y negativna (ako raste x, tada se u prosjeku smanjuje y i obrnuto).

Kovarijanca ustvari pokazuje koliko se dvije varijable mijenjaju zajedno i izračunava se prema izrazu:

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{r} (x_i - \bar{x})(y_j - \bar{y}) \cdot f_{ij}$$

5.4.2. Osnovni statistički parametri za uzorke vode

U tablicama 5.7. i 5.8. prikazani su osnovni statistički parametri izračunati za uzorke izvorskih voda, voda iz kaptaža i zdenaca sa istraživanog područja tijekom 2008. i 2016. godine.

Tablica 5.7. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (HZJZ, 2008)

	Broj uzoraka N	Srednja vrijednost	Medijan	Minimum	Maksimum	SD
T_t (^{0}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 5.8. Osnovni statistički parametri pokazatelja kakvoće vode (Laboratorij za geokemiju okoliša Geotehničkog fakulteta, 2016)

	Broj uzoraka N	Srednja vrijednost	Medijan	Minimum	Maksimum	SD
T_t (^{0}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_l (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_l (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
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
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

Usporedbom identičnih parametara kakvoće voda sa izvorišta nisu se bitno promijenili statistički parametri od 2008. do 2016. godine što je u svakom slučaju pozitivno jer znači da nije došlo do dodatnog pogoršanja kakvoće voda sa izvorišta.

6. 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.

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. Potoci i izvori većim dijelom se napajaju ovisno o količini oborina.

Prema rezultatima dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja koje se odnose na količine i kakvoću vode na području jugoistočnih obronaka Medvednice koje pripadaju sesvetskom dijelu Prigorja razvidno je da su raspoložive količine vode dostatne za broj stanovnika koji žive na tom području.

Najveći dio problema leži u činjenici da raspodjela raspoloživih količina prema broju stanovnika pojedinih naselja nije ujednačena. U tom slučaju dolazi u obzir samo povezivanje lokalnih vodozahvata, odnosno vodovoda u zajedničku mrežu koja bi vremenom mogla postati jedan dio vodoopskrbnog sustava Grada Zagreba za različite potrebe. Jedna od mogućnosti je korištenje tih dodatnih zaliha za slučajeve akcidentnih situacija do korištenja zaliha kao tehničke vode za neku drugu namjenu (navodnjavanje, pranje prometnica itd.) (Kapelj, 2010).

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. Sanacija i rekonstrukcija lokalnih vodovoda te uvođenje suvremenih načina obrade zahvaćenih voda bitno bi poboljšala njihovu kakvoću. Na nekim izvorištima ustanovljena je koncentracija Cu koja je nešto malo viša od MDK vrijednosti što može biti posljedica dotrajalosti kaptažnih objekata.

7. 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.

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.

8. LITERATURA

Avanić, R., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M. i A. Šimunić (1995): Karpatsko-donjobadenske naslage Čučerja. Geološki vodič Medvednice, 156-158 str., Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Avanić, R., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M. i A. Šimunić (1995): Lapori i biokalkareniti Velajnice.. Geološki vodič Medvednice, 159-164 str., Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Avanić, R., Pavelić, D., Vrsaljko, D., Šimunić, A., Miknić, M., Hajek-Tadesse V. i G. Jerinić (1995): Lapori i biokalkareniti Velajnice.. Geološki vodič Medvednice, 164-168 str., Hrvatski geološki institut, Zagreb.

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

Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100000. Tumač za list Ivanić-Grad 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. (208).

Farkaš-Topolnik N. 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.

Kovač, I. (2010): Skripta iz kolegija Primijenjena statistika, Geotehnički fakultet, Varaždin.

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 otjecaju 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.

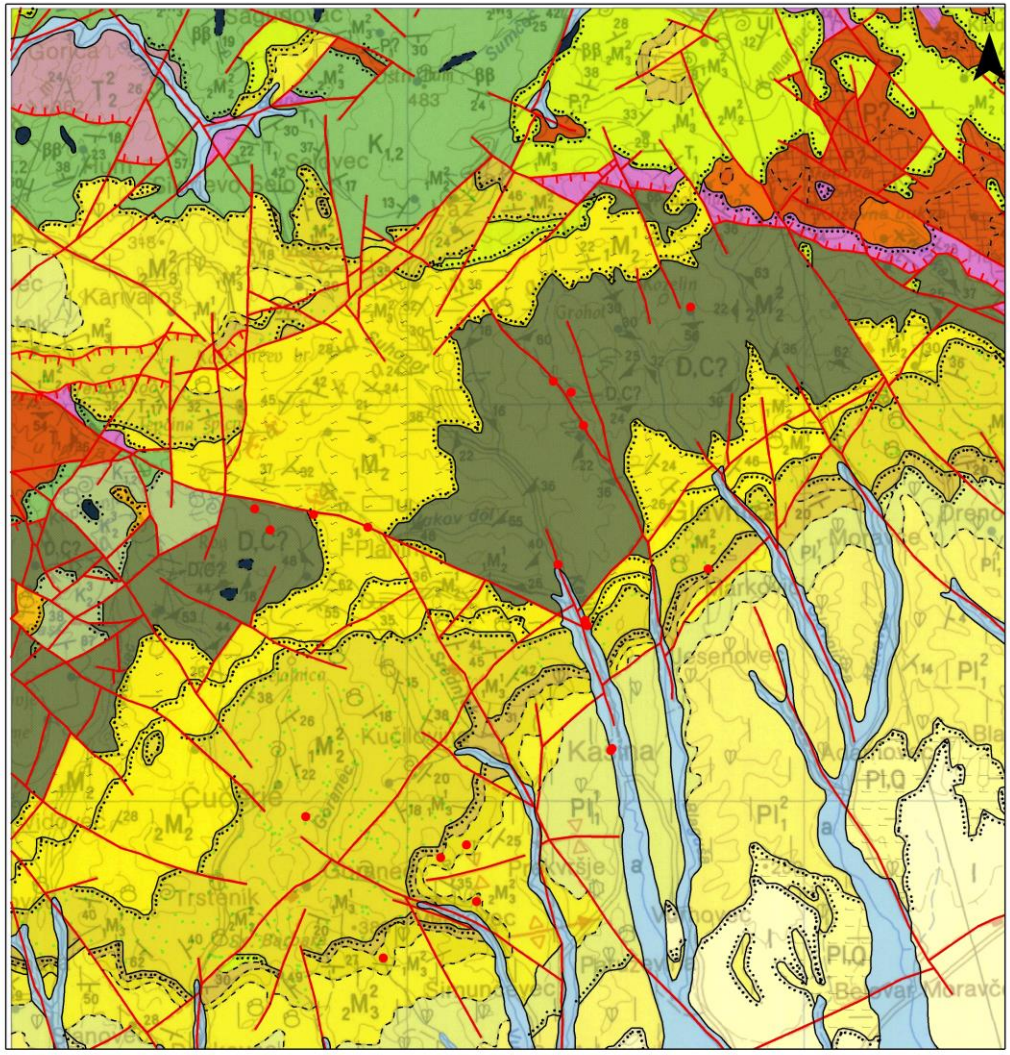
Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995, EPA, USA.

Švaljek S. (2015) PREDMET: - Sanja Ožić- pitanje vezano uz kanalizacijsku mrežu i ispitivanje pitke vode u Sesvetama. Gradska skupština Grada Zagreba. Stručna služba, ul. Sv. Ćirila i Metoda 5, Zagreb.

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (Narodne novine 125/13), 11.10.2013.

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (Narodne novine 56/13), 10.05.2013.

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



LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE

STAROST			GRAFIČKA OZNAKA	LITOSTRAT. OZNAKA	SASTAV
KENOZOIK	KVARTAR			a	Aluvij recentnih tokova
				l	Kopneni beskarbonatni prapor
	NEOGEN	PLIOCEN		Pl, Q	Šljunci, pijesci, gline
				Pl_1^2	Pijesci, lapori, gline
				Pl_1^1	Lapori, gline, pijesci
		MIOCEN		$_2M_3^2$	Lapori i pješčenjaci
				$_1M_3^2$	Vapnenački lapori i pješčenjaci
				$_1M_3^1$	Pješčenjaci, lapori, kremički lapori
				$_2M_2^2$	Dominantni vapnenci, breče, konglomerati, pješčenjaci, lapori
				$_2M_2^1$	Konglomerati, pješčenjaci, lapori, gline, tufovi, tufiti
				$_1M_2^2$	Konglomerati, pješčenjaci, vapnenci, lapori, tufovi
				$_1M_2^1$	Konglomerati, šljunci, pijesci, pješčenjaci, pločasti vapnenci, lignit
	PALEOGEN	PALEOCEN		Pc	Konglomerati, pješčenjaci, lapori
MEZOZOIK	KREDA			K_2^3	Konglomerati, vapnenci, lapori, siltiti, pješčenjaci
				ββ	Dijabazi i spiliti
				$K_{1,2}$	Pješčenjaci, šejlovi, lapori, rožnjaci
	TRIJAS			T_2^2	Dolomiti, vapnenci, tufiti, rožnjaci
				T_1	Pješčenjaci, siltiti, lapori, vapnenci, dolomiti
PALEOZOIK				χ	Kvarcdioriti, dioriti, kvarckeratofili
				P_1 ?	Mramori, kalcit-kvarc-sericit-kloritski škriljavci,filiti, šejlovi, slejtovi
				D,C ?	Metamorfne stijene - škriljavci, metamorfizirani dijabazi i gabri

OSTALE OZNAKE

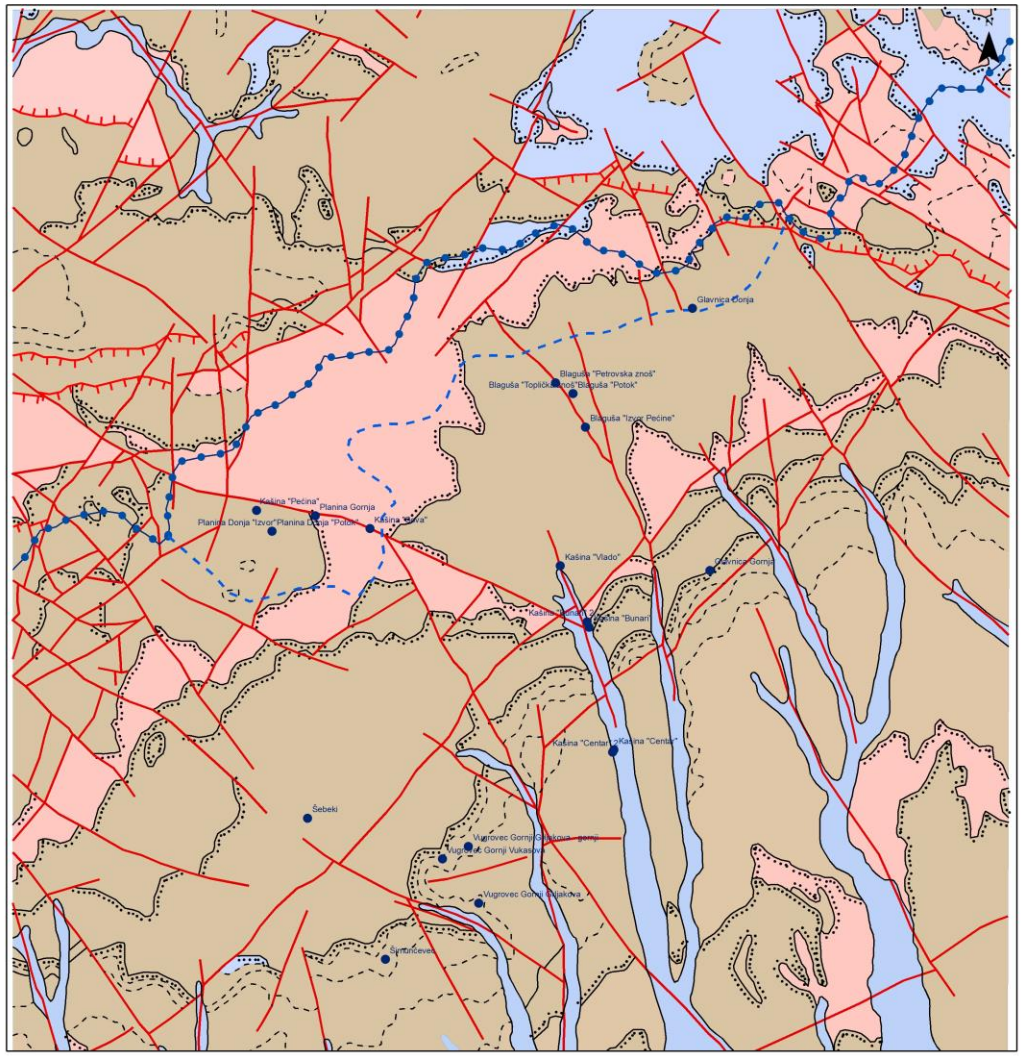
- Točke uzorkovanja
- Normalna geološka granica
- Transgresivna geološka granica
- Pretpostavljena geološka granica
- Normalni rasjed
- Reversni rasjed

Napomena: jedinice izdvojene prema OGK M 1:100 000, list Ivanić Grad

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Hidrogeološka obilježja izvora vode na području sjeveroistočnog dijela Prigorja

Naziv priloga: PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	**Datum:** rujan, 2016.
Mjerilo: 1:50 000	**Broj priloga:** 1
Kandidat: Filip Lovrić	**Mentor:** Izv. prof. dr.sc. Sanja Kapelj



HIDROGEOLOŠKE JEDINICE

PROPUSNOST	GRAFIČKA OZNAKA	LITOSTRAT. OZNAKA	SASTAV	POROZNOST
DOBRA		a	Aluvij recentnih tokova	Međuzrnska
		$_2M_2^2$	Dominantni vapnenci, breče, konglomerati, pješčenjaci, lapori	Pukotinska
SREDNJA		Pl, Q	Šljunci, pijesci, gline	Međuzrnska
		$_1M_2^1$	Konglomerati, šljunci, pijesci, pješčenjaci, pločasti vapnenci, lignit	Pukotinska
		T_2^2	Dolomiti, vapnenci, tufiti, rožnjaci	
		P_1 ?	Mramori, kalcit-kvarc-sericit-kloritski škriljavci,filiti, šejlovi, slejtovi	
SLABA		I	Kopneni beskarbonatni prapor	Međuzrnska
		Pl_1^1	Lapori, gline, pijesci	
		Pl_1^2	Pijesci, lapori, gline	
		$_2M_3^2$	Lapori i pješčenjaci	Pukotinska
		$_1M_3^2$	Vapnenački lapori i pješčenjaci	
		$_1M_3^3$	Pješčenjaci, lapori, kremički lapori	
		$_2M_2^1$	Konglomerati, pješčenjaci, lapori, gline, tufovi, tufiti	
		$_1M_2^2$	Konglomerati, pješčenjaci, vapnenci, lapori, tufovi	
		Pc	Konglomerati, pješčenjaci, lapori	
		ββ	Dijabazi i spiliti	
		K_2^3	Konglomerati, vapnenci, lapori, siltiti, pješčenjaci	
		$K_{1,2}$	Pješčenjaci, šejlovi, lapori, rožnjaci	
		T_1	Pješčenjaci, siltiti, lapori, vapnenci, dolomiti	
		χ	Kvarcdioriti, dioriti, kvarckeratofili	
		D,C ?	Metamorfne stijene - škriljavci, metamorfizirani dijabazi i gabri	

OSTALE OZNAKE

- Izvori
- Topografska razvodnica
- Pretpostavljeno protezanje stare razvodnice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

Hidrogeološka obilježja izvora vode na području sjeveroistočnog dijela Prigorja

Naziv priloga:	Datum:
PREGLEDNA HIDROGEOLOŠKA KARTA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	rujan, 2016.
Mjerilo:	**Broj priloga:**
1:50 000	2
Kandidat:	**Mentor:**
Filip Lovrić	Izv. prof. dr.sc. Sanja Kapelj