

# Mikrobiološka kvaliteta podzemnih voda sliva rijeke Drave na području Međimurske županije

---

Vujanić, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:815386>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)





MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ SMJER  
EKOINŽINJERSTVO

**Martina Vujanić, 0313026986**

**Mikrobiološka kvaliteta podzemnih voda sliva rijeke  
Drave na području Međimurske županije**

Završni rad

Čakovec, lipanj 2024.



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ SMJER  
EKOINŽINJERSTVO

**Martina Vujanić, 0313026986**

**Microbiological quality of groundwater in the Drava River  
basin in Međimurje County**

Final work

Mentor:

mr. sc. Nada Glumac, v. pred.

Čakovec, lipanj 2024.



# MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

## PRIJAVA TEME I OBRANE ZAVRŠNOG/DIPLOMSKOG RADA

Stručni prijediplomski studij:

Računarstvo

Održivi razvoj

Menadžment turizma i sporta

Stručni diplomski studij Menadžment turizma i sporta:

Pristupnik: Martina Vujanić, JMBAG: 0313026986  
(ime i prezime)

Kolegij: Mikrobiologija okoliša  
(na kojem se piše rad)

Mentor: mr. sc. Nada Glumac, v. pred.  
(ime i prezime, zvanje)

Naslov rada: Mikrobiološka kvaliteta podzemnih voda sliva rijeke Drave na području Međimurske županije

Naslov rada na engleskom jeziku: Microbiological quality of groundwater in the Drava River basin in

Međimurje County

- Članovi povjerenstva: 1. Ivančica Somodi, pred., predsjednik  
(ime i prezime, zvanje)  
2. Goran Sabol, v.pred., član  
(ime i prezime, zvanje)  
3. Nada Glumac, v.pred., mentor  
(ime i prezime, zvanje)  
4. Silvija Zeman, v.pred., zamjenski član  
(ime i prezime, zvanje)

Broj zadatka: 2023-OR-14

Kratki opis zadatka: Prostor Međimurja predstavlja značajni podzemni spremnik pitke vode, pa je potrebno pratiti  
kvalitetu podzemne vode, a posebice raditi na zaštiti tako važnog resursa. Važna mjera zaštite vode za ljudsku potrošnju  
je utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta kao i praćenje kvalitete vode na piezometrima u priljevnom području  
vodocrpilišta. Piezometar je promatrački zdenac maloga promjera za mjerenje visine vodnoga stupca podzemnih voda.  
Također služi za uzorkovanje i praćenje kvalitete podzemnih voda. Cilj završnog rada je obrazložiti važnost podzemnih  
voda i praćenja njihove kakvoće, predstaviti mikrobiološke parametre i metode kojima se određuju u podzemnoj vodi.  
Potrebno je odabrati lokacije piezometara na području Međimurske županije, odrediti parametre koji će se obraditi te usporediti  
rezultate mikrobioloških analiza prema godišnjim dobima.

Datum: 3.9.2024.

Potpis mentora: 

## **Predgovor**

Prije svega zahvaljujem se svojoj mentorici mr. sc. Nadi Glumac, dr. vet. med. v. pred. na savjetima, trudu i pomoći koju mi je pružila tijekom pisanja završnog rada, a i tijekom studiranja. Također zahvaljujem tvrtki Bioinstitut d.o.o. i voditeljici mikrobiološkog laboratorija mr. sc. Bojani Božović, dr. vet. med. na susretljivosti i savjetima. Velika zahvala mojoj obitelji na nesebičnoj pomoći, razumijevanju i podršci koju su mi pružali tijekom studiranja.

## Sažetak

Voda je neprocjenjiv resurs, a voda u podzemnim vodonosnicima najvažnija je zaliha pitke vode. Podzemne vode čine najveći dio slatke vode na Zemlji te se ona najčešće crpi za piće, higijenu, navodnjavanje i ostale potrebe. Antropogene aktivnosti poput poljoprivrednih djelatnosti, industrije, sanitarni objekti te sječa šuma i druge aktivnosti uvelike utječu na kvalitetu podzemnih voda. Onečišćenje podzemnih voda uglavnom dolazi s površine tla i atmosfere. Neki mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja su patogeni te mogu biti uzročnici različitih bolesti poput tuberkuloze, dizenterije, tifusa, paratifusa, hepatitisa, kolere. Cilj ovog rada je predstaviti bakterije koje se u podzemnoj vodi prate, opisati postupak mikrobiološke analize podzemnih voda membranskom filtracijom te predstaviti moguće utjecaje na povećanje broja bakterija na pojedinim piezometrima. Monitoringom podzemnih voda obrađeni su podaci mikrobioloških parametara 19 piezometara sliva rijeke Drave na području Međimurske županije u razdoblju 2018. – 2022. godine. Obradom dobivenih rezultata analiza fekalnih koliforma, *Escherichie coli*, enterokoka i *Pseudomonas aeruginose* zaključuje se da je veći porast bakterija ujesen. Razlog tome mogu biti visoke temperature tijekom ljeta i obilnije oborine ujesen. Budući da klimatske promjene imaju značajan utjecaj na sve aspekte ljudskog života, na povećanje temperature te učestalije vremenske nepogode poput suša, poplava i obilnijih padalina, imat će velik utjecaj na podzemnu vodu i njenu kvalitetu, stoga je važno nastaviti s praćenjem kvalitete podzemnih voda.

**Ključne riječi:** *Vodonosnik, podzemne vode, mikroorganizmi, membranska filtracija, piezometri*

## Abstract

Water is an invaluable resource, and water in underground aquifers is the most important drinking water supply. Groundwater is the largest part of fresh water on Earth, and it is most often pumped for drinking, hygiene, irrigation, and other needs. Anthropogenic activities such as agriculture, industry, sanitary facilities, forest cutting, and other activities greatly affect groundwater quality. Groundwater pollution mainly comes from the soil surface and the atmosphere. Some microorganisms from the digestive tract of humans and animals are pathogenic and can cause various diseases such as tuberculosis, dysentery, typhoid, paratyphoid, hepatitis, and cholera. This paper aims to present the bacteria monitored in groundwater describe the microbiological analysis of groundwater using membrane filtration, and present possible influences on the increase in the number of bacteria on individual piezometers. The microbiological parameters of 19 piezometers of the Drava River basin in *Međimurje* County were processed through groundwater monitoring from 2018 to 2022. By processing the results obtained from the analysis of fecal coliforms, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, and *Pseudomonas aeruginosa*, it is concluded that there is a greater increase in bacteria in autumn. This may be because of high summer temperatures and more abundant precipitation in the fall. Since climate change significantly impacts all aspects of human life, an increase in temperature and more frequent weather events such as drought, floods, and heavy rainfall will greatly impact groundwater and its quality, so it is important to continue monitoring the quality of groundwater.

**Keywords:** *Aquifer, groundwater, microorganisms, membrane filtration, piezometers*

## Sadržaj

1. UVOD .....	8
2. VODE .....	9
2.1. Podzemne vode .....	11
2.1.1. Hidrološke i hidrogeološke značajke .....	13
3. MIKROORGANIZMI U PODZEMNOJ VODI.....	15
3.1. Bakterije .....	15
3.1.1. <i>Escherichia coli</i> .....	16
3.1.2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	17
3.1.3. Enterokoki .....	17
3.1.4. Fekalni koliformi .....	18
4. ZAKONSKA REGULATIVA.....	19
4.1. Zakon o vodama .....	19
4.2. Okvirna direktiva EU-a o vodama .....	19
4.3. Uredba o standardu kakvoće voda .....	20
4.4. Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda ..	20
5. METODE I MATERIJALI .....	21
5.1. Hranjive podloge .....	21
5.1.1. Tryptone Bile X-Glucuronide (TBX) .....	21
5.1.2. mFC agar.....	21
5.1.3. Slanetz-Bartley agar.....	21
5.1.4. <i>Pseudomonas</i> agar base .....	21
5.2. Monitoring .....	21
5.3. Uzorkovanje .....	22
5.4. Membranska filtracija.....	23
5.5. Određivanje <i>Escherichie coli</i> .....	24
5.6. Određivanje fekalnih koliforma .....	24
5.7. Određivanje enterokoka.....	24
5.8. Određivanje <i>Pseudomonas aeruginose</i> .....	24
6. REZULTATI.....	25
6.1. Lokacije piezometara.....	25
7. RASPRAVA .....	39
ZAKLJUČAK .....	41



Izjava o autorstvu .....	42
Literatura .....	43
8. Popis ilustracija .....	45
8.1. Popis slika .....	45
8.2. Popis tablica .....	45
8.3. Popis grafikona .....	46

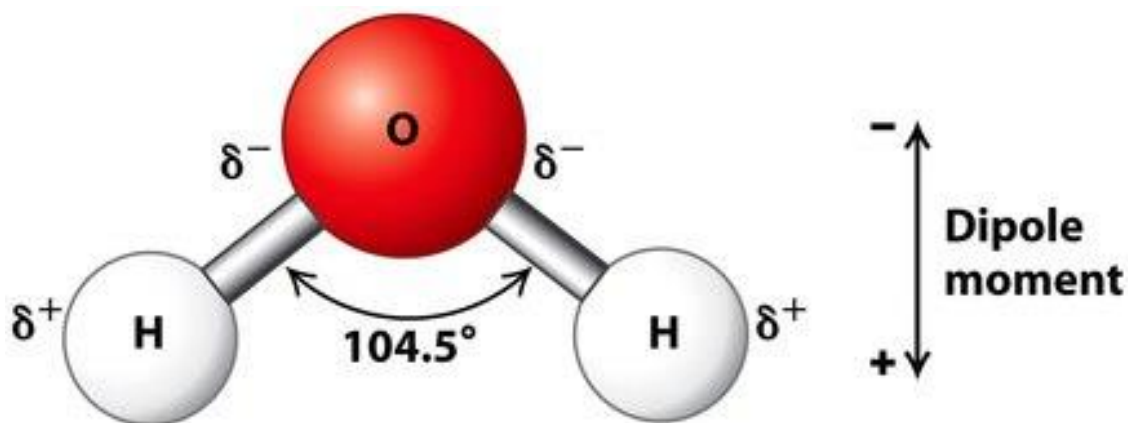
## 1. UVOD

Voda je neophodna za život ljudi te je najzastupljenija tvar u građi svih živih bića. U počecima se voda koristila uglavnom za piće i napajanje životinja, a ljudi su nastambe gradili u blizini voda kako bi im ona bila što dostupnija. S povećanjem ljudske populacije mijenjale su se njihove navike, uvodile su se različite gospodarske djelatnosti, stoga su potrebe za vodom rasle. S vremenom i razvitkom ljudske populacije nije se moglo više živjeti samo uz vodu te se počela razvijati vodoopskrba. Vodoopskrba podrazumijeva dobivanje, transport i distribuciju vode do korisnika, koja se zatim koristi za piće, navodnjavanje, higijenu, pripremu hrane, industrijske i komunalne potrebe. 97,5 % vode na Zemlji je slano, dok je samo 2,5 % vode na Zemlji slatka voda. 69,9 % ukupne količine slatke vode otpada na vječiti led i snijeg, dio je vezan u organizmima ili čini vlagu u tlu, dok se dio nalazi u atmosferi, što znači da je nedostupan za potrebe ljudi. 3,1 % količine slatke vode na Zemlji otpada na tekuću slatku vodu. Od te količine samo 1 % otpada na površinske vode poput rijeka, jezera i močvara, a 99 % otpada na podzemnu vodu, što nam govori o važnosti očuvanja i praćenja kvalitete podzemnih voda. (Mayer 2004) Više od 2 milijarde ljudi u svijetu nema pristup dovoljnoj količini vode, dok oko 1,7 milijardi ljudi u svijetu nema pristup zdravstveno ispravnoj pitkoj vodi što je ključno za prevenciju bolesti. Kontaminirana voda može prenijeti bolesti kao što su trbušni tifus, dizenterija, kolera, legionela i dječja paraliza. Procjenjuje se da kontaminirana voda za piće uzrokuje 505 000 smrti svake godine. Zemlje s niskim i srednjim dohotkom imaju problema s dostupnošću zdravstveno ispravne pitke vode, kao i probleme vezane za loše sanitarne uvjete. Poboljšana opskrba vodom i sanitacija te bolje upravljanje vodnim resursima potiču gospodarski rast zemalja i uvelike pridonose smanjenju siromaštva. (Wojciechowska-Shibuya i sur. 2015) Klimatske promjene, porast stanovništva i sve veće nestašice vode predstavljaju velike izazove u upravljanju vodama, budući da onečišćenje površinskih i podzemnih voda utječe na smanjenje zaliha vode. Međimurska županija značajan je prostor podzemnih rezervi pitke vode. Aluvijalni vodonosnik Međimurske županije potencijalno je ugrožen antropogenim onečišćenjem zbog poljoprivredne proizvodnje. Uslijed intenzivnog tretiranja poljoprivrednih proizvodnih površina postoji opasnost od onečišćenja podzemnih voda, a u dravskom vodonosniku onečišćenje se događa zbog hidrogeoloških uvjeta. Krovinske slabo propusne naslage na prostoru dravskog aluvijalnog vodonosnika su male debljine, a na mnogim mjestima i nedostaju što izrazito povećava mogućnost onečišćenja podzemnih voda s površine terena. (Međimurska županija 2017) S ciljem zaštite ljudskog zdravlja i prirodnih ekosustava od onečišćujućih tvari te poboljšanja standarda kvalitete vode, iznimno je važno pratiti kvalitetu podzemnih voda koje su najvažniji resurs vodoopskrbe stanovništva.

## 2. VODE

Voda je anorganska tekućina bez okusa, boje i mirisa. Jednostavan je kemijski spoj čija se molekula sastoji od jednog atoma kisika i dva atoma vodika koji su međusobno povezani kovalentnim vezama. Kemijska formula vode je  $\text{H}_2\text{O}$ . Pozitivni i negativni naboji u molekuli vode nisu podjednako raspoređeni, a molekula vode je dipolnog karaktera. (Mayer 2004)

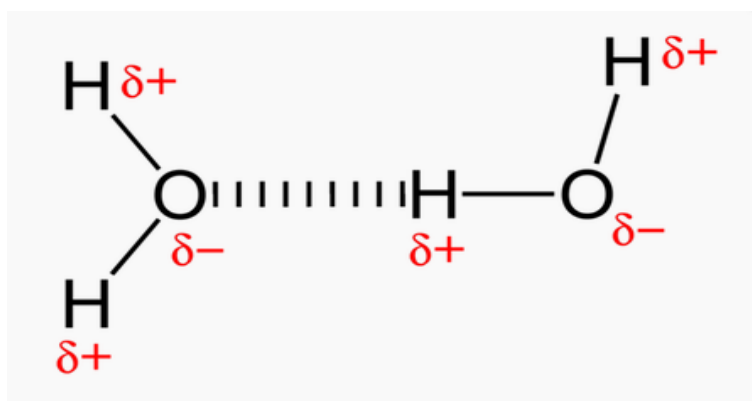
Slika 1: Molekula vode



Izvor: <https://ocelici.weebly.com/voda.html> (19.2.2024.)

Suprotni naboji međusobno se privlače, tako u molekuli vode dijelom pozitivno nabijen vodikov kraj elektrostatički privlači dijelom negativno nabijen vodikov kraj susjedne molekule vode te nastaje vodikova veza. Veze između susjednih molekula traju vrlo kratko zbog toga što je razmak između atoma kisika i atoma vodika iz susjedne molekule veći od razmaka atoma kisika i atoma vodika u istoj molekuli koji su povezani kovalentnom vezom. Veze između susjednih molekula kidaju se u milijuntom djeliću sekunde te se nova veza ponovno uspostavlja s nekom drugom molekulom. Vodikova veza ovisi o temperaturi i jedan je od razloga zbog kojih se voda u rasponu temperature od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  nalazi u tri agregatna stanja. Naime, pri temperaturama nižim od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  broj međusobno vezanih molekula naglo raste, a pri temperaturama višim od  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  broj međusobno vezanih molekula naglo pada. (Mayer 2004)

Slika 2: Vodikova veza



Izvor: <https://ocelici.weebly.com/voda.html> (19.2.2024.)

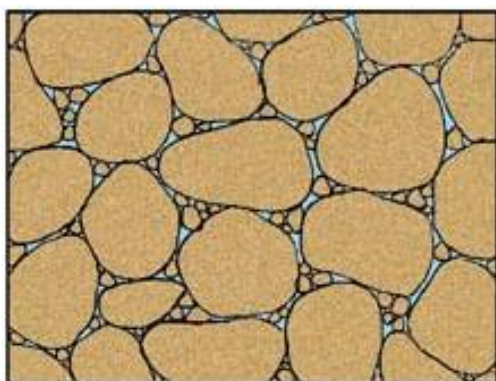
Voda se na Zemlji nalazi u različitim oblicima u atmosferi, litosferi i hidrosferi. U atmosferi se voda nalazi u obliku vodene pare, u biosferi se nalazi vezana u organizmima, u hidrosferi su to mora i oceani, rijeke, slatka i slana jezera, močvare, led na polovima te ostali snijeg i led, a u litosferi se voda nalazi u obliku vlage u tlu te kao slatka i slana podzemna voda. Zemljina površina prekrivena je 70,8 % vodom. Količina vode na Zemlji neprestano kruži, a to kretanje naziva se hidrološki ciklus. (Mayer 2004) Hidrološki ciklus je neprestano kruženje vode na Zemlji između više podsustava, a ti podsustavi su atmosfera, litosfera, hidrosfera, biosfera i kriosfera. Podsjetimo, atmosfera je plinoviti omotač koji okružuje Zemlju. Litosfera je površinski sloj Zemlje, odnosno Zemljina kora. Hidrosfera obuhvaća svu vodu na Zemlji kao što su atmosferska voda, mora, rijeke i sve vodene površine. Biosfera su svi živi organizmi na Zemlji. Kriosfera predstavlja čvrsti snijeg i led. Ovisno o temperaturama voda se na Zemlji nalazi u tri agregatna stanja: tekućem, krutom i plinovitom. Voda iz oceana i površinskih voda isparavanjem (evaporacijom) prelazi u vodenu paru te isparava u atmosferu. U atmosferi se ona hladi i kondenzira te pada na kopno u vidu kiše ili snijega i vraća se tokovima u ocean. Dio vode infiltrira se ispod površine, kroz pukotine ulazi u stijene i tlo, a ubrzo nakon toga određena količina vode iz tla isparavanjem izlazi na površinu. Vodu također apsorbiraju i biljke korijenjem te prenose do listova i naposljetku transpiracijom vraćaju u atmosferu u vidu vodene pare. (Kaštelan-Macan i Petrović 2013) Tijekom tog kružnog kretanja voda mijenja svoje kvalitativne značajke. Kako voda prolazi kroz atmosferu, otapa različite plinove koji se nalaze u njoj, a također skuplja čestice prašine i dima. Pri dolasku na površinu tla tečenjem skuplja čestice minerala, stijena te ih djelomično otapa. Prilikom kretanja površinske vode u nju ulaze različiti mikroorganizmi koji žive u površinskim slojevima tla. Tijekom infiltriranja vode u

podzemlje također se otapaju minerali i stijene. Svi ti procesi utječu na kvalitetu vode pa ona ovisi o njezinim fizičkim, kemijskim, biološkim i radiološkim svojstvima. Urbanizacijom i razvitkom industrije onečišćenje voda počelo je rasti. Ispuštanje otpadnih voda je najčešći uzročnik onečišćenja površinskih voda. Uz industriju, najveća opasnost od onečišćenja voda dolazi uslijed nepravilnog odlaganja otpada i korištenja kemijskih sredstava, pesticida i umjetnih gnojiva u poljoprivredi, a važno je spomenuti i otpadne vode iz kućanstva. Otpadne vode potrebno je pročititi prije ispuštanja u recipijent zato što su česti uzročnici onečišćenja površinskih i podzemnih voda. Mjere zaštite voda od onečišćenja pod utjecajem otpadnih voda nalažu pravilno projektiranje, izgradnju sustava za odvodnju te primjenu uređaja za pročišćavanje. (Mayer 2004)

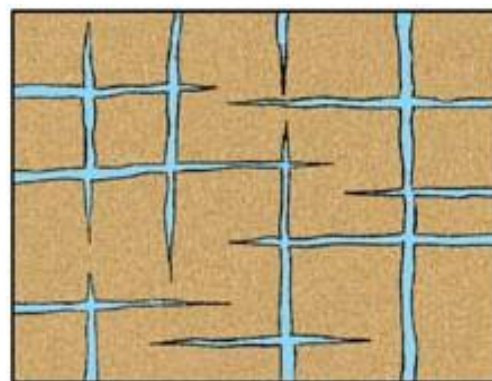
### 2.1. Podzemne vode

Podzemne vode globalno čine najveći dio slatke vode na Zemlji u tekućem stanju. One se nalaze u porama u tlu ili u stijenama. Primarne pore u stijenama nastale su u isto vrijeme kada i stijene, a sekundarne su nastale kada je primarno neporozna stijena zdrobljena djelovanjem različitih geoloških procesa. Kod međuzrnske ili primarne poroznosti voda ispunjava pore između i unutar zrna kod klastičnih sedimentnih stijena, a kod pukotinske ili sekundarne poroznosti voda ispunjava prostor unutar pukotina u stijenama (dolomitima, vapnencima, magmatskim i metamorfnim stijenama). (Mayer 2004)

**Slika 3:** Međuzrnska poroznost



**Slika 4:** Pukotinska poroznost



Izvor: <https://nre.tas.gov.au/water/groundwater/aquifers/dual-porosity-aquifers> (3.3.2024.)

Za nakupljanje podzemne vode potrebna je razvijena poroznost i voda koja djelomično ili potpuno ispunjava prostor pora. Po podrijetlu ta voda može biti meteorska, konatna ili juvenilna. Meteorska voda je voda koja u podzemlje dolazi infiltracijom iz rijeka i jezera ili infiltracijom oborina kroz površinske slojeve tla. Konatna voda je voda koja je zarobljena u

porama stijena i nastala je davno u geološkoj prošlosti. Vodu koja nastaje sintezom vodika i kisika ili kondenzacijom vodene pare nazivamo juvenilna voda. Podzemne vode mogu se podijeliti na stare i mlade vode. Stare vode nazivaju se vode temeljnice i one se s vremenom sporije kreću, brže se mijenjaju i postaju tvrđe, a imaju stalnu temperaturu, dok su mlade vode one koje se u podzemlju nalaze vrlo kratko te nisu prošle kroz sve sedimente, stoga nisu dovoljno pročišćene. (Bačani 2006.) U nepropusnom sloju tla voda se nalazi u svim pukotinama, šupljinama i porama i taj pojas nazivamo pojaskom vode temeljnice, a iznad njega se nalazi zona aeracije (prozračna zona) koja je djelomično ispunjena vodom. Granica između zone vode temeljnice i zone aeracije naziva se kapilarni obrub. Vodno lice naziva se gornja granica podzemne vode, a može biti na različitim dubinama, što ovisi o klimatskim faktorima, građi terena itd.

Količina podzemne vode ovisi o nizu čimbenika, a to su klimatske prilike, o dubini podzemne vode, hidrogeološkim parametrima vodonosnika, o rasprostranjenosti i dubini vodonosnika, kolebanjima razine podzemne vode, podzemnom toku, sustavu napajanja i pražnjenja vodonosnika i vezi s površinskim vodama. Rezerve podzemnih voda čini voda nakupljena u vodonosnicima. Vodonosnik je podzemni propusni sloj koji sadrži značajne količine podzemne vode. Može se reći da su vodonosnici podzemni rezervoari vode. (Mayer 2004) Vrlo je važno je li aluvijalni vodonosnik zatvorenog ili otvorenog tipa. Otvoreni vodonosnici nalaze se ispod propusnog sloja tla, a zatvoreni u krovini imaju nepropusni sloj gline ili stijene (izolator) te se voda u njima nalazi pod tlakom. Brzina kojom se podzemna voda kreće kroz vodonosnik ovisi o propusnosti stijene koja ga izgrađuje. (Bačani 2006.) Velik dio vode koja se koristi u kućanstvu za piće i ostale namjene, u poljoprivredi i industriji zahvaća se iz podzemne vode. Podzemna voda je bolje kakvoće od površinske te je najjeftinije izvorište pitke vode koje se može koristiti za javnu vodoopskrbu. Podzemne vode obnavljaju se infiltracijom površinske vode u podzemlje, no zalihe su ugrožene uslijed sve veće eksploatacije zbog rasta ljudske populacije, poljoprivredne proizvodnje i industrije. Posljedice prekomjernog iskorištavanja podzemnih voda dovode do snižavanja razine podzemne vode u vodonosnicima, a zatim i do degradacije izvora površinskih vodotoka te razaranja močvarnih područja, a na kraju može doći i do prodora slane morske vode u vodonosnike. (Gereš 2001)

U Republici Hrvatskoj podzemne vode dijele se na dva područja:

1. Vodno područje rijeke Dunav
2. Jadransko vodno područje.

Međimurska županija spada u Vodno područje rijeke Dunav gdje dominiraju aluvijalni vodonosnici međuzrnske poroznosti koji su formirani unutar velikih sedimentacijskih bazena rijeke Drave. Vodonosnici su bogati vodom te predstavljaju glavni vodoopskrbni resurs. Na navedenom području podzemni tokovi su vrlo spori, spora je izmjena vode, stoga veća onečišćenja mogu imati dugotrajne posljedice. (NN 84/2023)

### **2.1.1. Hidrološke i hidrogeološke značajke**

Hidrološke značajke

Drava izvire u južnom Tirolu u Italiji te teče prema istoku kroz Sloveniju, Austriju, Hrvatsku i na granici Hrvatske sa Srbijom utječe u rijeku Dunav. Rijeka Drava je plovna te se iskorištava za dobivanje električne energije. Pijesak i šljunak se eksploatiraju te se koriste kao građevni materijal što je izrazito važan resurs za Republiku Hrvatsku. Na rijeci Dravi su izgrađene 22 hidroelektrane, a od toga čak 3 u Hrvatskoj. Drava je zbog gradnje hidroelektrana i brojnim regulacijama znatno izmijenjena, a nakon Donje Dubrave počinje meandrirati te se proširila. (Hrvatske vode 2019) Rijeka Drava ima alpsko snježno-kišni režim. U toplijem dijelu godine vode su visoke, tako da je maksimum vode na proljeće, a na taj maksimum utječe otapanje snijega i leda. Minimum vode je zimi, točnije u prosincu. Na vodni režim Drave najznačajnije utječe pritoka Mura. (Dodlek Agro 2020) Rijeka Drava na dužem dijelu toka često meandrira, to jest na konkavnom dijelu meandra erodira obalu, a na konveksnom dijelu meandra nanosi sediment. Također, značajni protoci zaslužni su za stvaranje sprudova i riječnih otoka, pa tako utječu i na promjenu toka. Izgradnjom hidroelektrana značajno se promijenio prirodni režim rijeke Drave te se smanjio protok u starom koritu rijeke zbog toga što je voda skrenuta iz prirodnih korita u kanale. (Hrvatske vode 2021)

Hidrogeološke značajke

Podzemni kolektor pitke vode na prostoru Međimurske županije vrlo je izdašan te je visoke kakvoće. Podzemna voda se crpi iz kvartalnog vodonosnog kompleksa naslaga Drave te se prethodno dezinficira i upušta u distribucijsku mrežu. Vertikalnu i horizontalnu propusnost omogućuju šljunci i pijesci koji pripadaju nevezanim klastičnim naslagama sa zratom poroznošću i visokom vodopropusnošću.

## Značajke vodonosnika

Tri važnija vodonosnika na prostoru Međimurske županije

- Dravski vodonosnik
- Murski vodonosnik
- Međimurske gorice

Dio Međimurske županije pripada kvartarnim, šljunkovito pjeskovitim naslagama te se mogu izdvojiti dva vodonosna sloja sastavljena od šljunka i pijeska međusobno odvojenih glinovito prašinstim slojevima. Debljina vodonosnika raste od zapada prema istoku. (Dodlek Agro 2020)

Cilj ovog istraživanja je obrazložiti važnost podzemnih voda i praćenja njihove kvalitete, te predstaviti mikrobiološke parametre i metode kojima se određuju svojstva u podzemnoj vodi. Za istraživanje su odabrane lokacije piezometara uz sliv rijeke Drave na području Međimurske županije. Iz piezometara u podzemnoj vodi analizirat ćemo dobivene rezultate mikrobioloških parametara i odrediti moguće utjecaje na njih.



### 3. MIKROORGANIZMI U PODZEMNOJ VODI

Mikroorganizmi su jednostanični i višestanični mikroskopski sitni organizmi poput virusa, bakterija, kvasaca, plijesni, alga i praživotinja, a imaju vrlo važnu ulogu u svim ekosustavima. Voda je idealan medij za razvoj različitih mikroorganizama, a u vodenom okolišu oni ovise o fizikalnim i kemijskim svojstvima kao što su pH, temperatura, koncentracija soli, tlak i svjetlo. Prema svom djelovanju, mikroorganizmi se dijele na patogene, nepatogene i uvjetno patogene. Patogeni mikroorganizmi su oni koji izazivaju bolest kod ljudi, nepatogeni mikroorganizmi su oni koji ne izazivaju bolest kod ljudi, a mogu biti i korisni. Uvjetno patogeni mikroorganizmi su oni koji se u ljudskom organizmu nalaze na određenom mjestu i ne izazivaju smetnje, no kad se nađu na drugom mjestu u ljudskom organizmu tada izazivaju bolest.

Neki mikroorganizmi sudjeluju u pročišćavanju otpadnih voda i dijele se na dvije skupine, a to su mikroorganizmi razlagači i mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja. Mikroorganizmi razlagači nazivaju se još i saprofitni organizmi i oni biološki razgrađuju organsku tvar do anorganske te troše otopljeni kisik, pa slijedom toga može doći do deficita kisika i anaerobnog stanja. Također predstavljaju i potencijalnu opasnost po sigurnost zaliha vode. Saprofitni organizmi dijele se na psihrofilne čija je optimalna temperatura za rast 0 – 5 °C, zatim na mezofilne čija je optimalna temperatura za rast 20 – 40 °C i termofilne čija je optimalna temperatura za rast viša od 40 °C (idealna 55 – 60 °C).

Mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja glavni su pokazatelji industrijskih i kućanskih otpadnih voda. Neki od ove skupine mikroorganizama su patogeni te su opasni za zdravlje ljudi. Mogu biti uzročnici različitih bolesti poput tuberkuloze, dizenterije, tifusa, paratifusa, hepatitisa, kolere. U mikrobiološkom pogledu stanje voda utvrđuje se organizmom pokazateljem čije prisustvo ukazuje na onečišćenje vode patogenim mikroorganizmima. (Habuda-Stanić, Kalajdžić, Nujić 2007)

#### 3.1. Bakterije

Bakterije su skupine prokariotskih, pretežito jednostaničnih, aklorofilnih, mikroskopski sitnih mikroorganizama. Jednostavne su građe, a u povoljnim uvjetima najčešće se razmnožavaju diobom. Stanice bakterija obavljaju sve životne funkcije kao i one viših organizama poput disanja, rasta, razmnožavanja, mijene tvari i proizvodnje energije. Pojedine bakterije tvore spore (trajne oblike), a neke imaju sposobnost aktivnog kretanja. Prokariotski organizmi dijele se na dvije skupine: *Bacteria* i *Archaea*. Pripadnici domene *Archaea* nalaze se u vodi i u tlu te na mjestima gdje nema atmosferskog kisika, a vole staništa s višom količinom

natrijeva klorida. Mogu biti aerobni, anaerobni i fakultativno anaerobni. U odnosu na temperaturu mogu biti mezofilni ili termofilni, a postoje i vrste koje rastu pri temperaturi od 110 °C. Prehranjuju se kemolitoautotrofno, organotrofno ili fakultativno organotrofno.

Mikroorganizmi iz domene *Bacteria* dijele se na tri fenotipske podskupine:

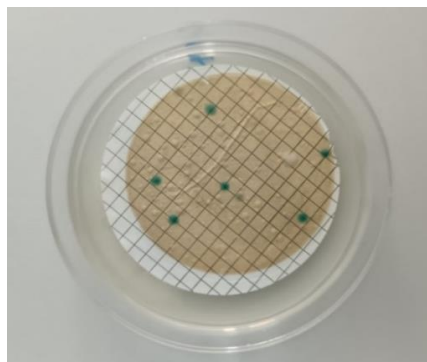
- gram-negativne (imaju staničnu stijenku)
- gram-pozitivne (imaju staničnu stijenku)
- bakterije koje nemaju staničnu stijenku.

Stanična stijenka gram-negativnih bakterija sastavljena je od vanjske i unutrašnje ovojnice, peptidoglikanskog sloja koji je relativno tanak i drugih sastojaka koji se nalaze izvan ili unutar tih slojeva. Neke od gram-negativnih bakterija su pokretne, a mogu biti aerobne, anaerobne, fakultativno anaerobne i mikroaerofilne. Oblik stanica može im biti kuglast, ovalan, zavojit, štapićast ili nitast, a neke mogu stvoriti kapsulu. Peptidoglikanski sloj u staničnoj stjenki gram-pozitivnih bakterija znatno je deblji, a unutar stanične stijenke moguća je prisutnost teikoične kiseline ili neutralnih polisaharida. Najčešće su kuglastog, štapićastog ili filamentoznog oblika. Pojedine stvaraju spore, a mogu biti aerobne, anaerobne, fakultativno anaerobne i mikroaerofilne. (Naglić, Hajsig, Madić, Pinter 2005)

### 3.1.1. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* prirodno je prisutna u crijevima čovjeka i životinja te obavlja određenu funkciju kod probave hrane, no kod određenih uvjeta može uzrokovati bolest. Gram-negativna je bakterija i spada u fakultativno anaerobne bakterije. Pojedini sojevi pokretljivi su pomoću peritrihkih bičeva, neki sojevi imaju fimbrije ili pile, a većina ih ima kapsulu. (Naglić, Hajsig, Madić, Pinter 2005) *Escherichia coli* indikator je fekalne kontaminacije i spada u ukupne koliformne bakterije. Njezina prisutnost u vodi dokazuje onečišćenje uslijed izljeva kanalizacije ili otpadne vode iz septičkih jama. (Dreven 2022)

**Slika 5:** *Escherichia coli* na podlozi TBX - agar

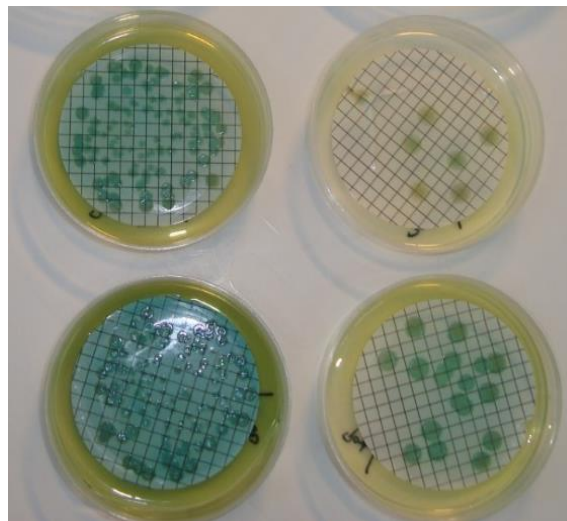


Izvor: Autor rada

### 3.1.2. *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* uvjetno je patogena bakterija, česti je uzročnik sekundarnih infekcija te je rezistentna prema antibioticima. Gram-negativna je bakterija štapićastog oblika te je vrlo pokretna i posjeduje fimbrije. Na hranjivoj podlozi tvori hrapave kolonije neravnih rubova i metalnog sjaja, plavozelene boje te specifičnog mirisa na voće. *Pseudomonas aeruginosa* obligatno je aerobna bakterija, optimalna temperatura za rast je 37 °C, a raste i na 42 °C, no ne raste na 4 °C čime se razlikuje od drugih vrsta. (Dreven 2022) *Pseudomonas aeruginosa* može biti prisutna u tlu, vodi, otpadnim vodama, kanalizaciji i izmetu te može tvoriti biofilme na vodovodnom sustavu, a obično ukazuje na prisutnost stare vode. (WHO 2011)

**Slika 6:** *Pseudomonas aeruginosa* na podlozi PSA - agar

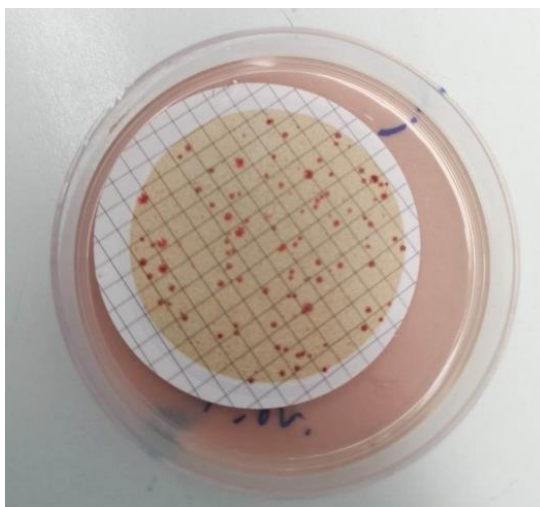


Izvor: Autor rada

### 3.1.3. Enterokoki

Bakterije iz roda *Enterococcus* dospijevaju u okoliš izmetom kralježnjaka te su vrlo proširene. Enterokoki su gram-pozitivne bakterije kuglastog ili jajolikog oblika te se pojavljuju po dva ili u kraćim nizovima. Fakultativni su anaerobi te nemaju kapsulu, nisu pokretne i ne tvore spore. Mezofilne su bakterije i optimalna temperatura za rast im je 35 – 37 °C. Kao i *Escherichia coli* indikatori su fekalne kontaminacije te se nalaze u vodama iz kanalizacije i u otpadnim vodama. (Dreven 2022)

**Slika 7:** Enterokoki na podlozi Slanetz Bartley

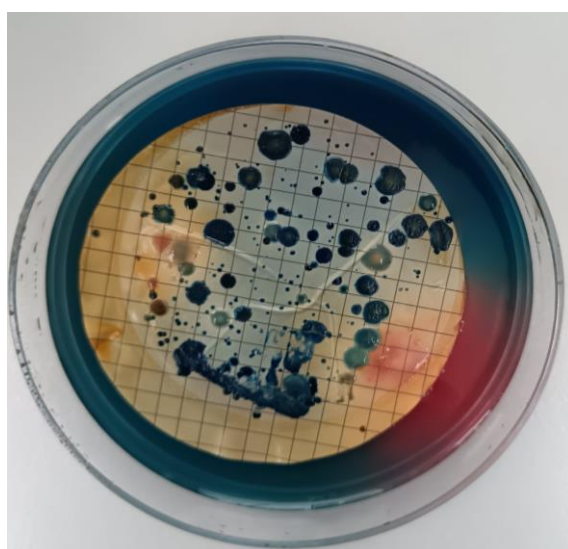


Izvor: Autor rada

### 3.1.4. Fekalni koliformi

Fekalni koliformi su podskupina ukupnih koliforma te su indikatori fekalne kontaminacije iz crijeva toplokrvnih organizama. Fekalni koliformi su gram-negativne bakterije te mogu rasti na višim temperaturama i inkubiraju se na 44 °C. (Horan 2003)

**Slika 8:** Fekalni koliformi na podlozi mFca



Izvor: Autor rada

## **4. ZAKONSKA REGULATIVA**

### **4.1. Zakon o vodama**

Zakon o vodama uređuje pravno stanje voda, vodnih dobara, vodnih građevina, upravljanje kakvoćom voda, upravljanje količinom voda, pristup pitkoj vodi, zaštita od poplava odnosno štetnog djelovanja voda, poboljšanja navodnjavanja i odvodnje, procjena rizika za područja vodozahvata te razna druga pitanja koja su u vezi s vodom. Zakon o vodama usklađen je s Okvirnom direktivom o vodama te se on odnosi na sve vode, odnosno na podzemne, površinske i priobalne vode. Zakonom su propisana načela i ciljevi upravljanja vodama.

Ciljevi upravljanja vodama:

- osiguranje dovoljnih količina pitke vode
- osiguranje dovoljne količine vode za različite gospodarske djelatnosti
- zaštita ljudi i imovine od štetnog djelovanja voda
- postizanje dobrog stanja voda te očuvanje dobrog stanja voda i vodnih ekosustava
- održivo korištenje voda.

Zakonom o vodama propisano je praćenje stanja voda, to jest praćenje kvalitativnog i kvantitativnog stanja podzemnih voda na području Republike Hrvatske, a ono je usklađeno s Okvirnom direktivom o vodama. U Republici Hrvatskoj način i opseg analiza određeni su Zakonom o vodama, Uredbom o standardima kakvoće voda i Pravilnikom o posebnim uvjetima za uzorkovanje i analizu vode. (NN 66/2019)

### **4.2. Okvirna direktiva EU-a o vodama**

Okvirna direktiva o vodama usvojena je 2000. godine, a 2001. godine potpisala ga je i Republika Hrvatska. Cilj ODV-a je dobro stanje svih vodnih tijela u Europi te obvezuje članice EU-a na izradu planova upravljanja vodama i zaštitu vodenih ekosustava. (Hrvatske vode 2021) U suradnji država članica Europske unije predstavljena je zajednička strategija kojoj je cilj implementacija Okvirne direktive o vodama (*Common Implementation Strategy – CIS*), a koja predstavlja korake za uspješnu provedbu ODV-a. U Republici Hrvatskoj monitoring podzemnih voda bazira se na CIS vodiču br. 15 o praćenju podzemnih voda. Vodič br. 15 sadrži upute za kvantitativno i kvalitativno praćenje stanja i trendova podzemnih voda na način da se dobiju

relevantni podaci s ciljem očuvanja kvalitete podzemnih voda te učinkovitu implementaciju ODV-a. (Europska komisija 2007)

#### **4.3. Uredba o standardu kakvoće voda**

Uredba o standardu kakvoće voda nastavlja se na Zakon o vodama, a usklađena je s Okvirnom direktivom o vodama.

Uredbom se propisuje: – standard kakvoće podzemnih i površinskih voda

- kriteriji za određivanje ciljeva zaštite voda
- posebni ciljevi zaštite voda
- monitoring stanja voda i izvještavanje o stanju voda
- elementi za ocjenjivanje stanja voda.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda stanje podzemnih voda određuje se prema njihovom količinskom i kemijskom stanju gdje su elementi za količinsko stanje razina podzemne vode i izdašnost, a elementi za kemijsko stanje su pH, električna vodljivost, otopljeni kisik, nitrati, pesticidi. Putem monitoringa količinskog i kemijskog stanja podzemnih voda određuje se stanje podzemnih voda koje može biti dobro ili loše. Također, Uredbom su propisane granične vrijednosti za pojedine onečišćujuće tvari prema kojima se ocjenjuje stanje podzemnih voda. (NN 96/2019)

#### **4.4. Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda**

Ovaj je pravilnik usklađen s Okvirnom direktivom o vodama te se njime propisuju posebni uvjeti za obavljanje poslova uzorkovanja i analize vode, osim vode namijenjene za ljudsku potrošnju prema posebnim standardima. U monitoringu podzemnih voda važan segment je uzorkovanje kako bi se uzetim uzorkom dobili relevantni podaci. Ovim se pravilnikom uređuje uzorkovanje i ispitivanje podzemnih voda, otpadnih voda, površinskih voda, sedimenta i biote. Laboratoriji koji obavljaju djelatnost uzimanja i ispitivanja uzoraka moraju biti tehnički opremljeni tehničkom i analitičkom vagom, sušionikom, električnom peći za žarenje, konduktometrom, pH metrom, turbidimetrom, digestorom, vakuum pumpom, priborom za filtraciju, kromatografom i dr. Također, laboratoriji koji obavljaju djelatnosti uzimanja i ispitivanja uzoraka moraju primjenjivati djelatnosti u skladu s međunarodno priznatim normama te biti akreditirani od strane Hrvatske akreditacijske agencije. (NN 3/2020)

## **5. METODE I MATERIJALI**

### **5.1. Hranjive podloge**

#### **5.1.1. Tryptone Bile X-Glucuronide (TBX)**

TBX agar je selektivna podloga koja se koristi za otkrivanje i brojenje *Escherichie coli*. *Escherichia coli* apsorbira kromogeni agens x-β-D-glukuronid dok unutarstanična aktivnost enzima glukoronidaze uzrokuje plavo zelenu boju kolonija *E. coli*. TBX agar sadrži pepton koji osigurava dušik, minerale i vitamine koji su neophodni za rast, a žučne soli su inhibitori drugih gram-pozitivnih bakterija te suzbijaju koliformne bakterije. (Vwr chemicals 2013)

#### **5.1.2. mFC agar**

mFC agar je selektivna podloga za uzgoj fekalnih koliformnih bakterija te sadrži pepton i ekstrakt kvasca. Žučne soli djeluju kao inhibitori rasta gram-pozitivnih bakterija, a ekstrakt kvasca služi kao izvor nutrijenata za rast bakterija. Fekalni koliformi pri temperaturi od 44 °C fermentiraju laktozu te formiraju plave kolonije na podlozi. (Šantić, Gobin, Ožanić, Marečić 2014)

#### **5.1.3. Slanetz-Bartley agar**

Slanetz-Bartley agar je selektivna podloga koja se koristi za određivanje enterokoka te oni tvore crvene ili kestenjaste kolonije. (Šantić, Gobin, Ožanić, Marečić 2014)

#### **5.1.4. Pseudomonas agar base**

Pseudomonas agar base selektivna je podloga za *Pseudomonas aeruginosa* ili *Pseudomonas spp.* te su u njemu prisutni kalijev sulfat i magnezijev klorid za povećanje pigmenta, a selektivni dodatak je cetrimid. (Humeau 2015)

### **5.2. Monitoring**

Monitoring podzemnih voda predstavlja praćenje kvantitativnog i kvalitativnog stanja podzemnih voda na točno definiranim lokacijama u istom periodu. Praćenje stanja podzemnih voda pruža informacije koje su potrebne za ocjenu njihovog stanja, te se utvrđuju trendovi u koncentraciji onečišćujućih tvari. Važno je odabrati odgovarajuće točke uzorkovanja, a također i odgovarajuće gustoće točaka uzorkovanja što se temelji na konceptualnom razumijevanju hidrogeoloških karakteristika i pritisaka. Za odabir lokacije točke uzorkovanja potrebno je dobro poznavati uvjete kretanja i zadržavanja podzemne vode. Važna je izrada plana praćenja te je posebno važan konceptualni model vodonosnika koji predstavlja poznavanje tijela

podzemne vode, njihove karakteristike poput tipa vodonosnika, uočenih pritisaka, trodimenzionalne strukture dinamike i graničnih uvjeta. Postoji lokalni i regionalni konceptualni model, a razlikuju se po tome što se regionalni konceptualni model koristi za razumijevanje čimbenika duž cijele veličine tijela podzemne vode dok se lokalni koristi za razumijevanje lokanih čimbenika koji utječu na stanje pojedine točke praćenja. (Europska komisija 2007)

Ciljevi monitoringa:

- dobivanje informacija o kvantitativnom i kvalitativnom stanju voda
- identifikacija trendova pada i rasta koncentracije onečišćujućih tvari u podzemnim vodama te identifikacija antropogenog utjecaja
- dobivanje informacija koje su potrebne za ilustraciju kemijskog sastava podzemnih i površinskih voda. (Biondić 2006)

Rezultati monitoringa ili praćenja stanja voda koriste se za:

- određivanje kemijskog i količinskog stanja podzemnih voda te za procjenu raspoloživih zaliha podzemne vode
- daljnju karakterizaciju cjelina podzemnih voda
- procjenu rizika
- procjenu smjera toka i brzine toka podzemnih voda u prekograničnim tijelima
- procjenu učinkovitosti programa mjera i izradu programa mjera
- određivanje trendova koncentracija onečišćujućih tvari i njihovih promjena uzrokovanih antropogenom aktivnošću
- karakterizaciju prirodne kakvoće podzemnih voda s obzirom na početne vrijednosti. (Europska komisija 2007)

### **5.3. Uzorkovanje**

Posebni uvjeti za obavljanje poslova uzorkovanja i analize voda propisuju se Pravilnikom o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda. Uzorkovanje je vrlo važan dio u monitoringu podzemnih voda, stoga se pravilnik mora strogo slijediti da bi se dobio reprezentativan uzorak te da bi rezultati analiza bili vjerodostojni. Uzimanje uzoraka i ispitivanje obuhvaća uzorkovanje, skladištenje uzoraka, transport uzoraka do ovlaštenog laboratorija, izradu zapisnika o podacima uzorkovanja, a zatim ispitivanje uzoraka i izradu izvješća o ispitivanju. (NN 3/2020(NN) Uzorkovanje podzemnih voda provodilo se po



standardima HRN ISO 5667 - 11:2011 (Podzemne vode) i HRN EN ISO 19458:2002 (Mikrobiološki pokazatelji).

Uzorkovanje podzemnih voda provodi se na piezometrima. Piezometar je zdenac, to jest samostojeća cijev koja se umeće u zasićenu zonu do dubine ispod razine podzemne vode, a proteže se do površine tla te je na površini otvorena. Piezometarsko dno je perforirano te voda s pozitivnim hidrostatskim tlakom ulazi u cijev. (Goss & Oliver 2023)

#### 5.4. Membranska filtracija

Analizu voda potrebno je obaviti što prije nakon zaprimanja uzoraka u laboratorij. Neposredno prije analize boce s uzorcima potrebno je dobro promućkati laganim okretanjem da bi se uzorak dobro homogenizirao. Mikrobiološka analiza podzemnih voda započinje pripremom razrjeđenja uzoraka te membranskom filtracijom. Uređaj za membransku filtraciju sastoji se od lijevaka volumena 100 ml i stativa te je izrađen od nehrđajućeg čelika.

**Slika 9:** Uređaj za membransku filtraciju



Izvor: Autor rada

Prije početka filtracije potrebno je upaliti plamenik sa svake strane uređaja te uređaj za filtraciju poprskati 96 %-tnim alkoholom i spaliti plamenikom da se postigne sterilizacija. Nakon sterilizacije plamenom s pomoću sterilizirane pincete postavljaju se filter papiri na porozne filtere te se stavlja lijevak i zatvara se. Filter papir za membransku filtraciju veličine je 47 – 50 mm i promjera pora 0,45  $\mu\text{m}$ . Uzorak vode promiješa se laganim okretanjem 25 puta, zatim se ulije određena količina uzorka u lijevak te se filtrira. Nakon filtracije filter kroz koji je profiltriran uzorak nacjeppljuje se sterilnom pincetom na hranjivu podlogu.

### **5.5. Određivanje *Escherichie coli***

Analiza *Escherichie coli* rađena je po metodi \*HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017. Određivanje se provodi putem membranske filtracije tako da se pomoću 96 %-tnog alkohola i plamenom steriliziraju porozni filteri i lijevci uređaja za membransku filtraciju te se na porozne filtere sterilnom pincetom stavljaju filter papiri veličine 47 – 50 mm i promjera pora 0,45 µm, a zatim se zatvaraju lijevcima. U lijevak se ulije 100 ml homogeniziranog uzorka vode te se profiltrira. Sterilnom pincetom filter papir se tada nacjepljuje na Tbx agar podlogu i inkubira se 48 h na 44 °C.

### **5.6. Određivanje fekalnih koliforma**

Analiza fekalnih koliforma rađena je po metodi \*HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017. Određivanje se provodi membranskom filtracijom tako da se s pomoću 96 %-tnog alkohola i plamenom steriliziraju porozni filteri i lijevci uređaja za membransku filtraciju te se na porozne filtere sterilnom pincetom stavljaju filter papiri veličine 47 - 50 mm i promjera pora 0,45 µm, a zatim se zatvaraju lijevcima. U lijevak se ulije 100 ml homogeniziranog uzorka vode te se profiltrira. Sterilnom pincetom filter papir se tada nacjepljuje na m-Fca agar podlogu i inkubira se 48 h na 37 °C.

### **5.7. Određivanje enterokoka**

Analiza enterokoka rađena je po metodi \*HRN EN ISO 7899-2:2000. Određivanje enterokoka provodi se putem membranske filtracije tako da se pomoću 96 %-tnog alkohola i plamenom steriliziraju porozni filteri i lijevci uređaja za membransku filtraciju te se na porozne filtere sterilnom pincetom stavljaju filter papiri veličine 47 – 50 mm i promjera pora 0,45 µm, a zatim se zatvaraju lijevcima. U lijevak se ulije 100 ml homogeniziranog uzorka vode te se profiltrira. Sterilnom pincetom filter papir se tada nacjepljuje na Slanetz-Bartley podlogu i inkubira se 48 h na 37 °C.

### **5.8. Određivanje *Pseudomonas aeruginose***

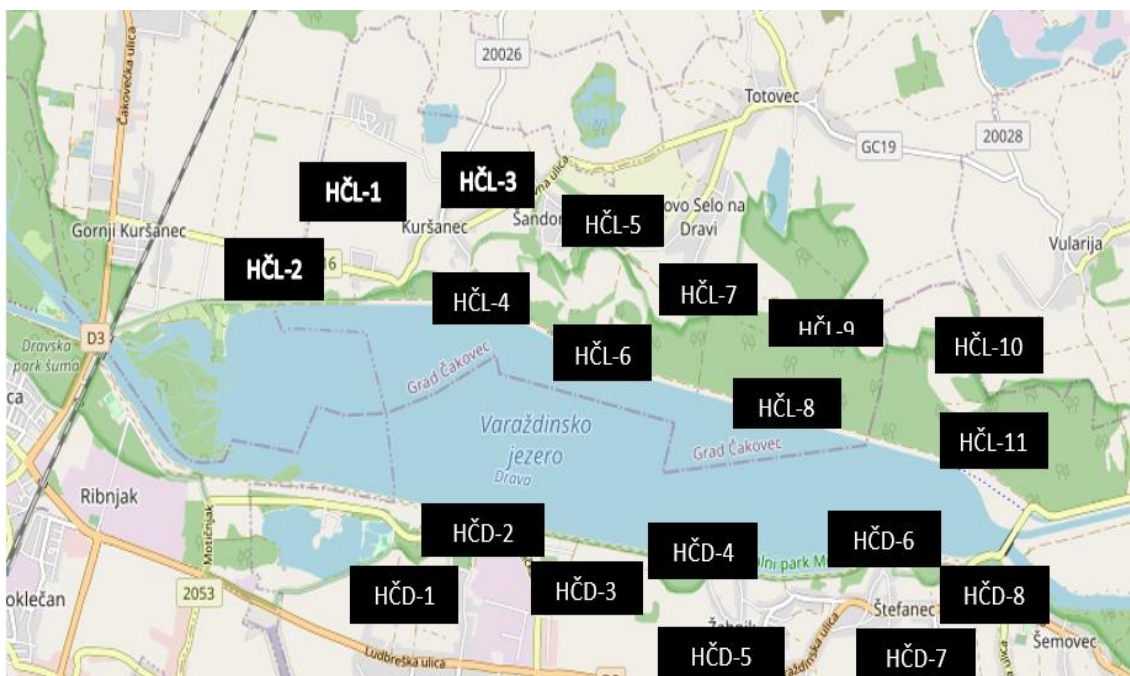
Analiza *Pseudomonas aeruginosa* rađena je po metodi \*HRN EN ISO 16266:2008. Određivanje se provodi putem membranske filtracije tako da se pomoću 96 %-tnog alkohola i plamenom steriliziraju porozni filteri i lijevci uređaja za membransku filtraciju te se na porozne filtere sterilnom pincetom stavljaju filter papiri veličine 47 - 50 mm i promjera pora 0,45 µm, a zatim se zatvaraju lijevcima. U lijevak se ulije 100 ml homogeniziranog uzorka vode te se profiltrira. Sterilnom pincetom filter papir se tada nacjepljuje na PSA podlogu i inkubira se 48 h na 37 °C.

## 6. REZULTATI

### 6.1. Lokacije piezometara

Lokacije ispitivanih piezometara nalaze se u Međimurskoj županiji te su promatrane mikrobiološke karakteristike podzemne vode sliva rijeke Drave na području Čakovca. Praćeni su mikrobiološki parametri (fekalni koliformi, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, enterokoki) od 2018. godine do 2022. godine. Podaci analiza dobiveni su od akreditiranog laboratorija Bioinstitut d.o.o. koji je obavljao navedene analize. Na lokacijama vodnog tijela rijeke Drave na području Čakovca analize su rađene dva puta godišnje, to jest na proljeće i ujesen.

Slika 10: Lokacije piezometarske mreže Dave na području Čakovca



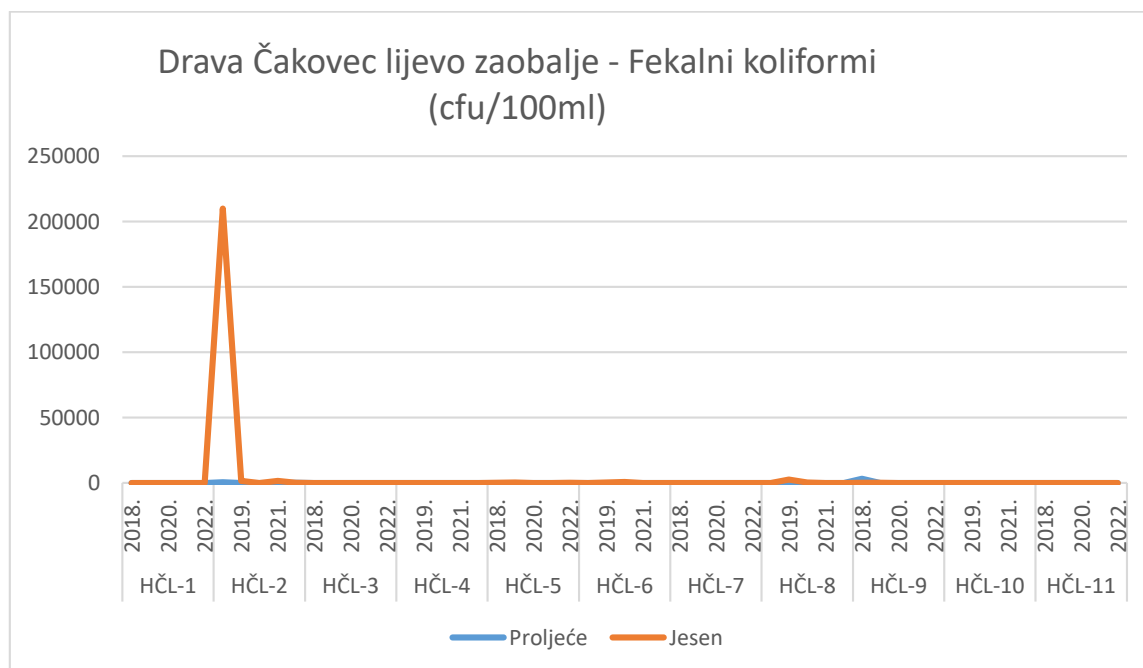
Izvor: <https://www.karta.com.hr/međimurska-zupanija/> (24.3.2024.)

**Tablica 1:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, lijevo zaobalje												
Fekalni koliformi (cfu/100 ml)												
		HČL 1	HČL 2	HČL 3	HČL 4	HČL 5	HČL 6	HČL 7	HČL 8	HČL 9	HČL 10	HČL 11
Proljeće	2018.	0	530	0	0	0	3	9	3	3200	1	1
	2019.	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	24	1	0	0	0	0	0	24	0	0
	2022.	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jesen	2018.	13	210000	10	0	200	0	1	4	270	0	2
	2019.	30	1600	42	0	320	400	60	2600	280	64	13
	2020.	12	0	0	0	5	800	80	320	0	14	40
	2021.	0	1600	0	0	0	60	62	24	40	12	28
	2022.	0	250	3	0	200	5	14	13	72	0	22

Izvor: Autor rada

**Grafikon 1:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

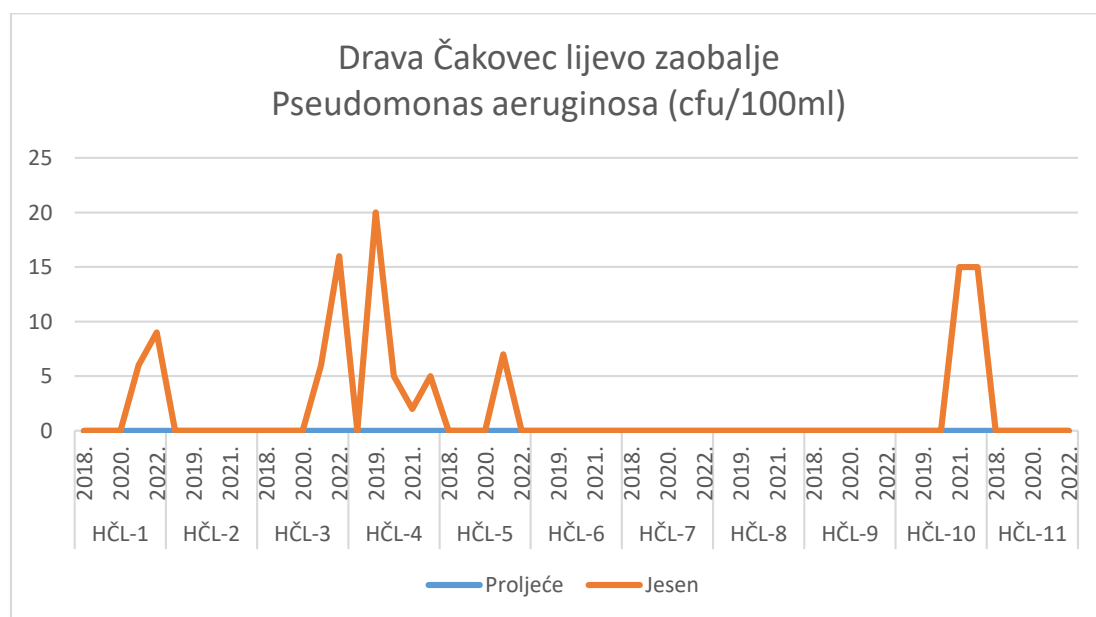
Rezultati fekalnih koliforma izraženi su kao broj kolonija na 100 ml. Vrijednosti fekalnih koliforma na piezometrima HČL-1, HČL-2, HČL-3, HČL-4, HČL-5, HČL-6, HČL-7, HČL-8, HČL-9, HČL-10 i HČL-11 u proljeće uglavnom stagniraju. Izuzetak je lokacija HČL-9 gdje je 2018. godine zabilježen rezultat 3200/100 ml. Ujesen je na pojedinim lokacijama zabilježen porast broja kolonija fekalnih koliforma, no povećani rast zabilježen je ujesen 2018. godine na lokaciji HČL-2, točnije 210000/100 ml.

**Tablica 2:** *Pseudomonas aeruginosa* na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, lijevo zaobalje												
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (cfu/100 ml)												
		HČL 1	HČL 2	HČL 3	HČL 4	HČL 5	HČL 6	HČL 7	HČL 8	HČL 9	HČL 10	HČL 11
Proljeće	2018.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2022.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jesen	2018.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019.	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	6	0	6	2	7	0	0	0	0	15	0
	2022.	9	0	16	5	0	0	0	0	0	15	0

Izvor: Autor rada

**Grafikon 2:** *Pseudomonas aeruginosa* na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

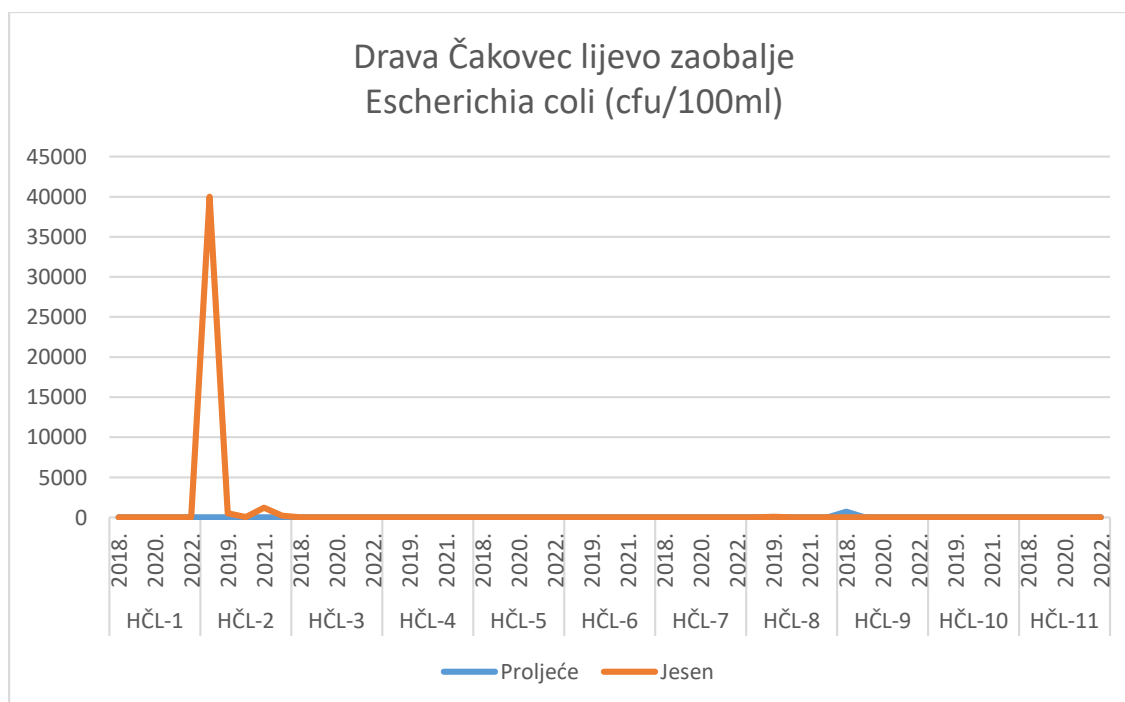
Rezultati *Pseudomonas aeruginosa* izraženi su brojem kolonija na 100 ml. U proljeće na svim ispitivanim piezometrima rezultat za *Pseudomonas aeruginosa* iznosi 0/100 ml, dok se u jesen bilježi rast. Rast se bilježi 2021. godine na lokaciji HČL-1 gdje je zabilježen rezultat 6/100 ml, a 2022. godine rezultat je 9/100 ml. Na lokaciji HČL-3 2021. rezultat je 6/100 ml, a 2022. godine 16/100 ml. Lokacija HČL-5 2021. godine bilježi 7/100 ml, dok je na lokaciji HČL-10 vrijednost *Pseudomonas aeruginosae* i 2021. i 2022. godine 15/100 ml. Lokacija HČL-4 izdvaja se zato što je 2018. godine vrijednost *Pseudomonas aeruginosae* 0/100 ml, a svake sljedeće godine *Pseudomonas aeruginosa* je izoliran. 2019. godine rezultat analize za *Pseudomonas aeruginosa* bio je 20/100 ml, 2020. g. 5/100 ml, 2021. g. 2/100 ml i 2022. g. 5/100 ml.

**Tablica 3:** *Escherichia coli* na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, lijevo zaobalje												
<i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml)												
		HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL	HČL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Proljeće	2018.	1	1	0	0	0	0	0	0	700	0	0
	2019.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0
	2022.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Jesen	2018.	1	40000	0	0	1	7	1	0	21	0	0
	2019.	0	500	1	3	3	11	0	90	23	0	1
	2020.	0	50	1	0	4	0	1	4	4	0	1
	2021.	1	1200	0	0	0	7	7	4	13	10	1
	2022.	0	200	0	0	0	2	3	11	11	0	1

Izvor: Autor rada

**Grafikon 3:** *Escherichia coli* na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

Rezultati *Escherichie coli* izraženi su brojem kolonija na 100 ml. U proljeće rezultati ispitivanih piezometara na *E. coli* uglavnom iznose 0/100 ml, osim na lokaciji HČL-9 gdje je zabilježen rast od 700/100 ml i to 2018. godine. 2021. godine na istoj je lokaciji rezultat bio 10/100 ml. 2018. godine u jesen su rezultati analiza pokazali povremeni rast, a najizraženiji je bio na lokaciji HČL-2 2018. godine od 40000/100 ml.

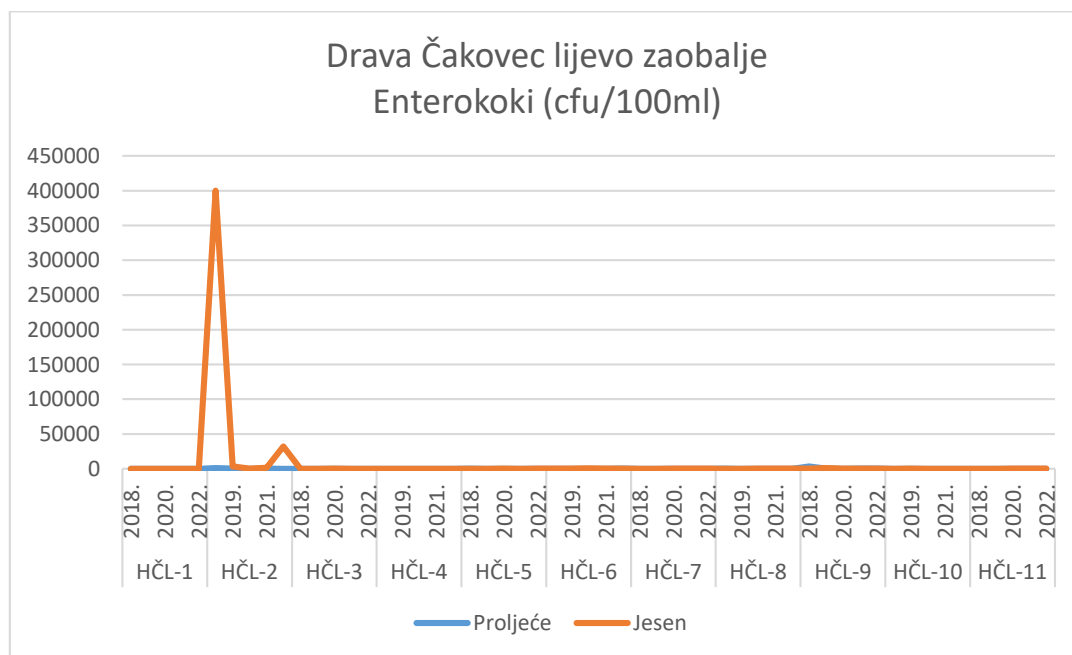
**Tablica 4:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, lijevo zaobalje												
Enterokoki (cfu/100 ml)												
		HČL 1	HČL 2	HČL 3	HČL 4	HČL 5	HČL 6	HČL 7	HČL 8	HČL 9	HČL 10	HČL 11
Proljeće	2018.	0	1000	3	0	130	0	0	13	3200	0	0
	2019.	0	48	0	0	0	0	0	0	10	6	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	21	0	0	0	0	0	0	30	0	1
	2022.	0	0	0	0	0	320	3	0	300	0	0
Jesen	2018.	3	400000	0	0	3	30	6	7	22	0	3
	2019.	0	3200	0	0	0	30	0	0	1100	10	0
	2020.	3	320	13	5	13	480	320	48	26	2	320
	2021.	0	1400	0	0	0	24	11	17	44	8	17
	2022.	0	32000	0	4	33	80	60	47	320	0	100

Izvor: Autor rada



**Grafikon 4:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

Enterokoki su izraženi brojem kolonija na 100 ml. U proljeće su rezultati analiza promatranih piezometara pokazali blagi porast enterokoka, a ističe se lokacija HČL-2 i to 2018. godine kad je rezultat bio 1000/100 ml, te lokacija HČL-9 s rezultatom 3200/100 ml. Analiza enterokoka također je pokazala povećan rast kolonija u jesen gdje se ističe lokacija HČL-2 s rezultatom 400000/100 ml 2018. godine, a 2022. godine na istoj lokaciji rezultat je bio 32000/100 ml. Lokacija HČL-9 2019. godine bilježi rezultat 1100/100 ml.

**Tablica 5:** Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave

Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave						
Piezometar		HČL-1	HČL-2	HČL-3	HČL-5	HČL-6
2021.g.	Proljeće	3,8 m	1,8 m	4,12 m	2,47 m	2,45 m
	Jesen	3,93 m	1,62 m	4,27 m	2,53 m	2,41 m
2022.g.	Proljeće	4 m	1,66 m	4,36 m	2,60 m	2,43 m
	Jesen	3,99 m	1,4 m	4,31 m	2,50 m	2,37 m
Piezometar		HČL-7	HČL-8	HČL-9	HČL-10	HČL-11
2021.g.	Proljeće	3,58 m	2,08 m	1,8 m	2,86 m	1,8 m
	Jesen	3,49 m	2 m	1,8 m	2,89 m	2,72 m
2022.g.	Proljeće	3,5 m	2,11 m	1,89 m	3,05 m	2,82 m
	Jesen	3,49 m	2,02 m	1,78 m	2,25 m	2,73 m

Izvor: Autor rada

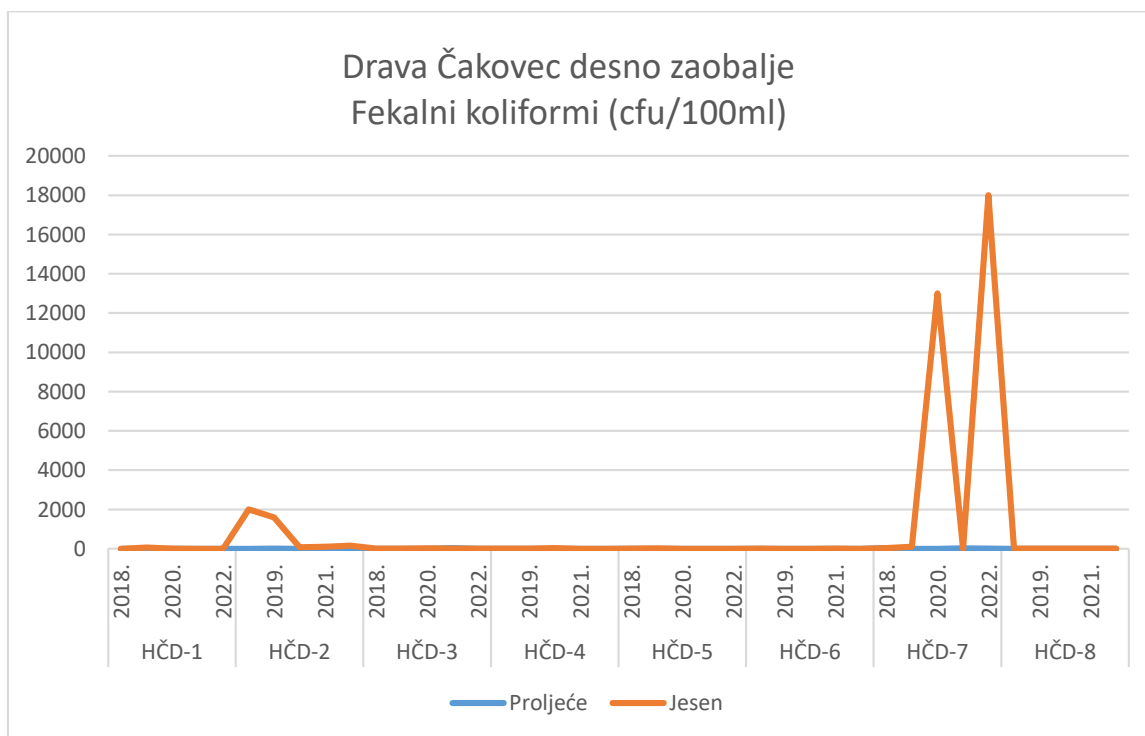
Na piezometru HČL-2 ujesen 2021. godine izmjeren je nivo vode 1,62 m te je iz uzorka izolirano 1400/100 ml enterokoka, 1600/100 ml fekalnih koliforma i 1200/100 ml *Escherichie coli*. Na istom piezometru ujesen 2022. godine kada je izmjeren nivo vode 1,4 m iz uzorka je izolirano 32000/100 ml enterokoka, 250/100 ml fekalnih koliforma i 200/100 ml *Escherichie coli*. Na piezometru HČL-9 nivo vode ujesen 2022. godine iznosio je 1,78 m te je iz uzorka izolirano 320/100 ml enterokoka, 72/100 ml fekalnih koliforma, 11/100 ml *Escherichie coli*.

**Tablica 6:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, desno zaobalje									
Fekalni koliformi (cfu/100 ml)									
		HČD-1	HČD-2	HČD-3	HČD-4	HČD-5	HČD-6	HČD-7	HČD-8
Proljeće	2018.	0	0	0	0	0	0	33	0
	2019.	0	10	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	34	36	0	0	0	20	0
	2022.	0	0	0	0	0	0	3	0
Jesen	2018.	0	2000	9	3	1	1	33	3
	2019.	60	1600	12	9	16	0	96	12
	2020.	9	80	26	40	0	0	13000	2
	2021.	0	100	6	0	0	2	3	6
	2022.	0	160	4	0	0	0	18000	1

Izvor: Autor rada

**Grafikon 5:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

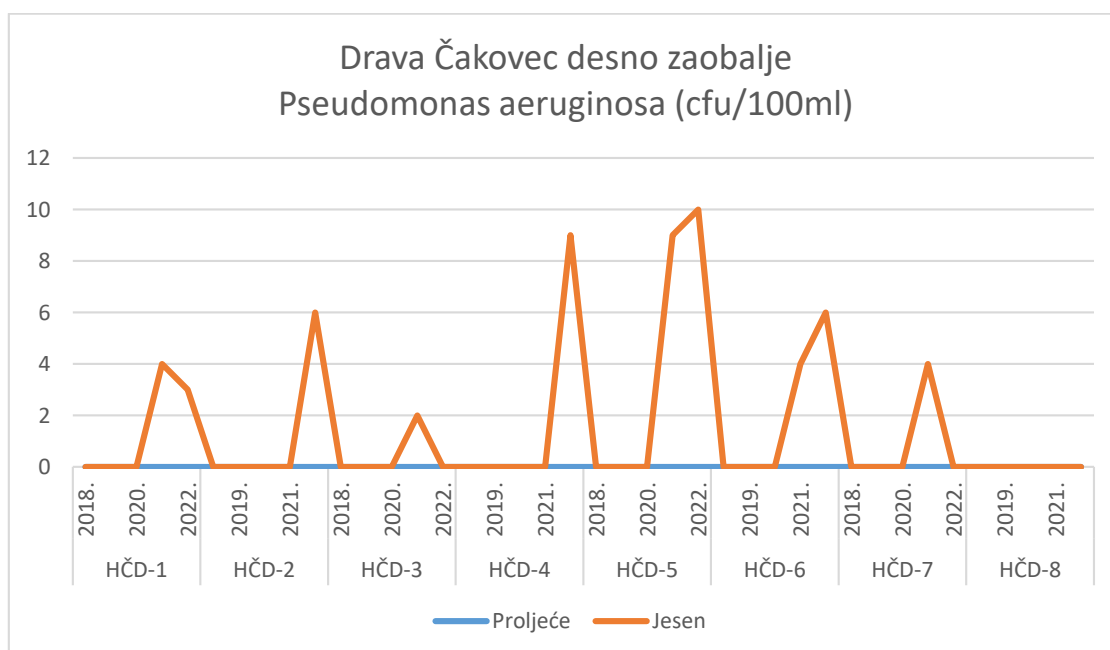
Na ispitivanim piezometrima desnog zaobalja Drave broj fekalnih koliformnih bakterija u proljeće uglavnom stagnira i nema većih odstupanja. U jesen se na pojedinim lokacijama bilježi porast broja fekalnih koliforma i to na lokacijama HČD-2 gdje je 2018. godine zabilježen rezultat 2000/100 ml, a 2019. godine 1600/100 ml. Na lokaciji HČD-7 2020. godine rezultat je bio 13000/100 ml, a 2022. godine čak 18000/100 ml.

**Tablica 7:** *Pseudomonas aeruginosa* na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec, desno zaobalje									
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (cfu/100 ml)									
		HČD-1	HČD-2	HČD-3	HČD-4	HČD-5	HČD-6	HČD-7	HČD-8
Proljeće	2018.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2022.	0	0	0	0	0	0	0	0
Jesen	2018.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	4	0	2	0	9	4	4	0
	2022.	3	6	0	9	10	6	0	0

Izvor: Autor rada

**Grafikon 6:** *Pseudomonas aeruginosa* na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

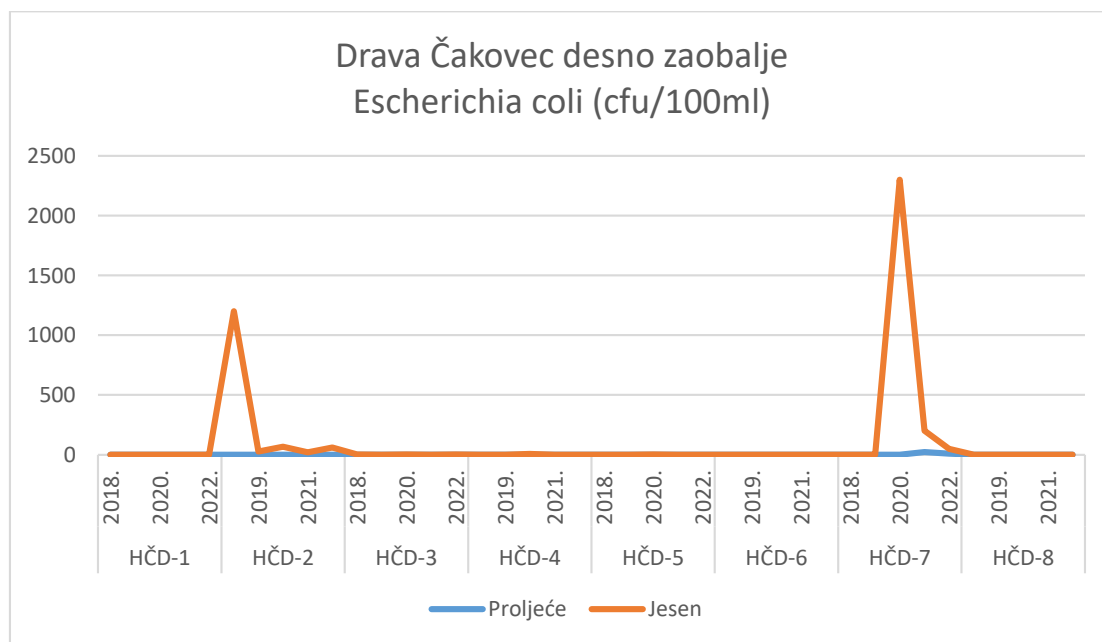
Na svim ispitivanim piezometrima desnog zaobalja Drave u proljeće u svih 5 godina nije izoliran *Pseudomonas aeruginosa*, dok je u jesen izoliran na skoro svim lokacijama. Na lokaciji HČD-1 rezultat analize 2021. godine bio je 4/100 ml, a 2022. godine 3/100 ml. Na lokaciji HČD-2 2022. godine rezultat analize bio je 6/100 ml. Piezometar HČD-3 2021. godine bilježi rezultat 2/100 ml. Na piezometru HČD-4 2022. godine izolirano je 9/100 ml, dok je iste godine na piezometru HČD-5 rezultat analize bio 10/100 ml. Piezometar HČD-6 bilježi rezultat od 4/100 ml 2021. godine, a 2022. godine 6/100 ml. Na piezometru HČD-7 2021. godine zabilježen je rezultat od 4/100 ml. HČD-8 je jedini ispitivani piezometar na kojem ni u proljeće ni u jesen nije izoliran *Pseudomonas aeruginosa* u 5 praćenih godina.

**Tablica 8:** *Escherichia coli* na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec desno zaobalje <i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml)									
		HČD-1	HČD-2	HČD-3	HČD-4	HČD-5	HČD-6	HČD-7	HČD-8
Proljeće	2018.	0	0	0	0	0	0	1	0
	2019.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021.	0	0	0	0	0	0	22	0
	2022.	0	0	0	0	0	0	10	0
Jesen	2018.	0	1200	2	0	0	0	1	0
	2019.	0	27	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	68	3	6	3	0	2300	0
	2021.	0	20	1	0	0	0	200	1
	2022.	0	60	2	0	0	0	50	0

Izvor: Autor rada

**Grafikon 7:** *Escherichia coli* na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

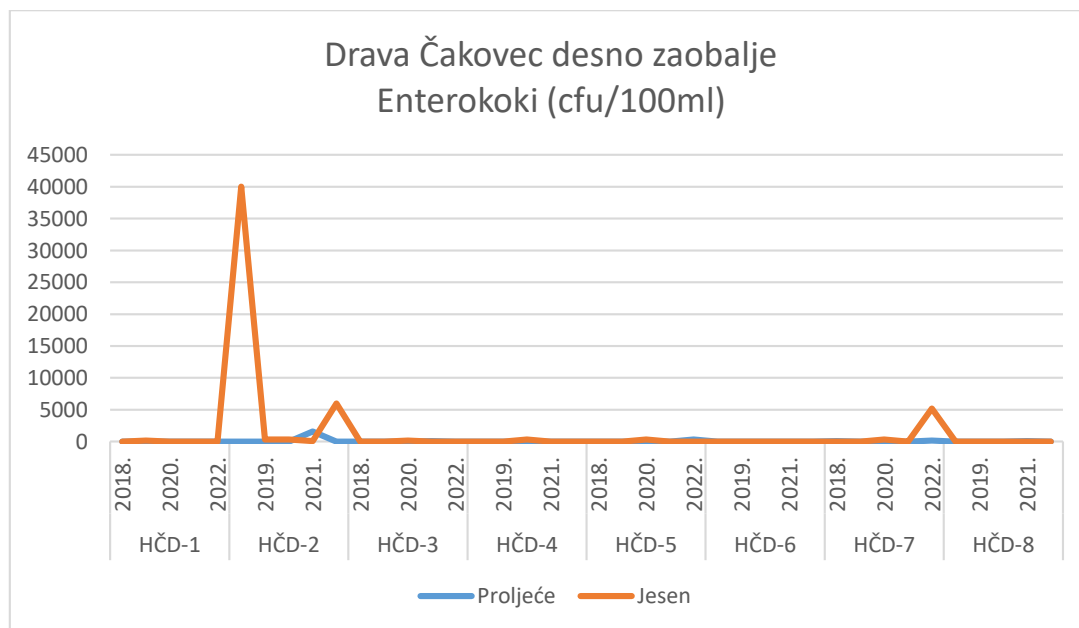
Na ispitivanim piezometrima na lokacijama desnog zaobalja Drave na području Čakovca u proljeće *Escherichia coli* uglavnom nije izolirana, osim na lokaciji HČD-7, gdje je rezultat 2021. godine bio 22/100 ml, a 2022. godine 10/100 ml. U jesen se *Escherichia coli* povremeno izolirala na skoro svim lokacijama osim na lokacijama HČD-1 i HČD-6 gdje nijednom nije izolirana u svih 5 godina. Piezometar HČD-2 2018. godine bilježi rezultat analize *Escherichie coli* od 1200/100 ml. Također se ističe rezultat iz 2020. godine na piezometru HČD-7 od 2300/100 ml, a na istom piezometru 2021. godine rezultat je bio 200/100 ml.

**Tablica 9:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave

Drava Čakovec desno zaobalje									
Enterokoki (cfu/100 ml)									
		HČD-1	HČD-2	HČD-3	HČD-4	HČD-5	HČD-6	HČD-7	HČD-8
Proljeće	2018.	0	12	0	0	0	0	90	0
	2019.	0	7	0	0	0	0	0	0
	2020.	0	0	0	0	0	0	7	0
	2021.	0	1600	74	0	0	0	0	66
	2022.	0	0	0	0	320	0	160	0
Jesen	2018.	0	40000	9	0	0	0	5	6
	2019.	160	350	6	0	0	0	0	0
	2020.	0	320	160	320	320	0	320	7
	2021.	1	80	0	0	0	0	18	1
	2022.	0	6000	3	0	0	0	5200	0

Izvor: Autor rada

**Grafikon 8:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave



Izvor: Autor rada

Na ispitivanim piezometrima na lokacijama desnog zaobalja Drave na području Čakovca u proljeće enterokoki su povremeno izolirani na svim piezometrima osim na piezometrima HČD-1, HČD-4, HČD-6 gdje su rezultati analiza bili 0/100 ml u proljeće svih 5 godina. Ujesen se povremeno izolirao veći broj enterokoka i to na piezometru HČD-2 gdje je rezultat analize 2018. godine bio najveći i to 40000/100 ml, a 2022. godine rezultat na istom piezometru bio je 6000/100 ml. Na lokaciji HČD-7 2022. godine rezultat analize enterokoka ujesen je bio 5200/100 ml.

**Tablica 10:** Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave

Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave									
Piezometar		HČD-1	HČD-2	HČD-3	HČD-4	HČD-5	HČD-6	HČD-7	HČD-8
2021.g.	Proljeće	3,43 m	2,25 m	2,58 m	1,91 m	1 m	2,80 m	2,65 m	3,08 m
	Jesen	3,37 m	2,47 m	2,49 m	1,62 m	0,66 m	2,67 m	2,61 m	3 m
2022.g.	Proljeće	2,35 m	2,4 m	2,46 m	1,84 m	0,80 m	2,75 m	2,61 m	3,03 m
	Jesen	3,15 m	2,25 m	2,29 m	1,69 m	0,68 m	2,64 m	2,35 m	2,84 m

Izvor: Autor rada

Na piezometru HČL-5 ujesen 2021. godine izmjeren je nivo vode od 0,66 m te je iz uzorka izolirano 320/100 ml enterokoka. Na piezometru HČD-2 u proljeće 2021. godine nivo vode bio je 2,25 m te je iz uzorka izolirano 1600/100 ml enterokoka, 34/100 ml *Escherichie coli*. Ujesen 2022. godine na istom piezometru također je izmjeren nivo vode od 2,25 m, a iz uzorka je izolirano 6000/100 ml enterokoka, 160/100 ml fekalnih koliforma i 60/100 ml *Escherichie coli*. Na piezometru HČD-7 ujesen 2021. godine nivo vode je iznosio 2,61 m te je iz uzorka izolirano 160/100 ml enterokoka, 20/100 ml fekalnih koliforma i 220/100 ml *Escherichie coli*. Ujesen 2022. godine na istom piezometru izmjeren je nivo vode od 2,35 m te je iz uzorka izolirano 5200/100 ml enterokoka, 18000/100 ml fekalnih koliforma i 50/100 ml *Escherichie coli*.



## 7. RASPRAVA

U ovom radu praćena je mikrobiološka kvaliteta podzemnih voda iz piezometara na više lokacija uz tok rijeke Drave u Međimurskoj županiji od 2018. do 2022. godine. Na svim praćenim lokacijama analiza je provedena u proljeće i jesen. Praćeni su sljedeći mikrobiološki parametri: fekalni koliformi, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* i enterokoki. Povišen broj mikroorganizama javlja se u jesen, dok u proljeće broj mikroorganizama stagnira ili povremeno na pojedinim lokacijama vrijednosti rastu. Fekalni koliformi odskaču na lokaciji HČL-2 gdje je rezultat u jesen 2018. godine bio 210000/100 ml. Preostale 4 godine također pokazuju prisutnost fekalnih koliforma na istoj lokaciji u jesen te u manjoj kolićini i u proljeće. Na lokaciji HČL-9 u proljeće 2018. godine rezultat analize fekalnih koliforma bio je najviši: 3200/100 ml. Na preostalim lokacijama u svih 5 godina veći je porast fekalnih koliforma u jesen nego u proljeće. *Pseudomonas aeruginosa* u proljeće na svim lokacijama stagnira, to jest rezultat analiza u proljeće je 0/100 ml na svim lokacijama, dok je povremeno izoliran u jesen na pojedinim lokacijama. Najveća prisutnost *Pseudomonas aeruginose* je u jesen 2019. godine na lokaciji HČL-4, a rezultat analize iznosi 20/100 ml. Najveća prisutnost *Escherichie coli* je u jesen 2018. godine na lokaciji HČL-2 gdje je rezultat iznosio 40000/100 ml. Na istoj je lokaciji *Escherichia coli* izolirana u jesen u svim ispitivanim godinama. Na lokaciji HČL-9 u proljeće 2018. godine rezultat analize bio je 700/100 ml, a na ostalim lokacijama povremeno je izolirana u jesen. Također se ističu lokacije HČD-2 gdje je rezultat analize *Escherichie coli* u jesen 2018. godine bio 1200/100 ml i lokacija HČD-7 s 2300/100 ml, dok je na istim lokacijama *E. coli* izolirana u jesen tijekom svih 5 ispitivanih godina. Najveća brojnost enterokoka bila je u jesen 2018. godine na lokaciji HČL-2, a rezultat je iznosio 400000/100 ml te su na toj lokaciji enterokoki izolirani u jesen tijekom svih 5 ispitivanih godina i u proljeće 2018. godine. Na lokaciji HČD-2 ističe se rezultat analize enterokoka iz 2018. godine koji je iznosio 40000/100 ml. Također se ističe lokacija HČL-9 gdje su enterokoki izolirani u jesen tijekom svih 5 ispitivanih godina. Enterokoki su češće izolirani u jesen, a povremeno su na pojedinim lokacijama izolirani u proljeće. Lokacije ispitivanih piezometara spadaju u ranjiva područja što je definirano Odlukom o određivanju ranjivih područja u Republici Hrvatskoj te je na njima potrebno provoditi pojaćane mjere zaštite voda od onećišćenja nitratima poljoprivrednog podrijetla. Najčešće onećišćenje podzemnih voda uzrokovano je antropogenom aktivnošću, a ispitivane lokacije nalaze se u blizini poljoprivrednih površina. Piezometar HČL-2 istaknut po brojnosti mikroorganizama nalazi se u blizini stoćarske farme za uzgoj goveda. Farme goveda proizvođaći su velikih kolićina životinjskih fekalija. Kako se na piezometru HČL-2 u blizini

farme goveda detektira povišen broj *Escherichie coli*, enterokoka i fekalnih koliformnih bakterija koje su indikatori fekalnog zagađenja, može se zaključiti kako farma goveda ima utjecaja na povišen broj bakterija. U blizini piezometra HČL-9 nalazi se postrojenje za intenzivan uzgoj peradi čiji je proizvodni kapacitet 228 000 komada brojlera u jednom proizvodnom ciklusu, a tu je također i više manjih gospodarstava za uzgoj životinja. Iz toga se može zaključiti da izlučevine životinja utječu na porast broja enterokoka, fekalnih koliforma i *Escherichie coli*. U okolini piezometra HČD-2 nalaze se razna industrijska postrojenja, poljoprivredne površine i manja gospodarstva i može se reći da je njihov utjecaj prouzročio rast broja *Escherichie coli*, enterokoka i fekalnih koliforma. U blizini piezometra HČD-7 nalazi se više poljoprivrednih površina, a također i objekt za uzgoj peradi, stoga se može zaključiti da je povišen broj *Escherichie coli*, enterokoka i fekalnih koliforma uzrokovan poljoprivrednom proizvodnjom. Svi piezometri na kojima se u jesen pojavio značajniji rast *Escherichie coli*, enterokoka i fekalnih koliforma nalaze se u blizini većih ili manjih poljoprivrednih gospodarstava za uzgoj različitih vrsta životinja. Kako su navedene bakterije indikatori fekalnog zagađenja vode, iz toga proizlazi da je stočarska proizvodnja uzrok kontaminacije navedenih piezometara, točnije životinjske izlučevine. Iz podataka obavljenih analiza vidi se da je brojnost bakterija veća u jesen nego u proljeće. Kako jesen karakteriziraju veće količine oborina koje ispiru nečistoće iz atmosfere i površine tla te one infiltracijom ulaze u podzemne vode, veća brojnost bakterija očekivana je u jesen. Također, nivo vode piezometara koji su mjereni u 2021. i 2022. godini pokazuju da je veća brojnost bakterija u jesen kada je nivo vode niži.

## ZAKLJUČAK

Voda je temelj ljudskog života i života na Zemlji općenito. Sve intenzivnijim porastom ljudske populacije voda je sve više potrebna te postaje ugroženi resurs. Kako se povećava industrija, poljoprivreda i razne druge gospodarske djelatnosti, tako se njihovim djelovanjem vode sve češće zagađuju, ali se zagađuju i drugim antropogenim djelovanjem poput neadekvatnog zbrinjavanja otpada i sl. Da bismo zaštitili vodne resurse, potrebno je redovito pratiti stanje kvalitete voda kako bi se moglo spriječiti zagađenje i pravovremeno na nj reagirati. Podzemne vode najčešći su izvori pitke vode, a Međimurska županija bogata je tim resursom. Podzemne vode Međimurske županije visoke su kakvoće i izdašnosti, stoga je njihova zaštita od iznimne važnosti. Monitoringom podzemnih voda prikupljeni su podaci mikrobioloških analiza 19 piezometara na području Čakovca od 2018. godine do 2022. godine. Uvidom i obradom podataka zaključuje se da je u svih 5 promatranih godina na navedenim piezometrima brojnost bakterija fekalnih koliforma, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* i enterokoka veća u jesen nego u proljeće. Jesen karakterizira pojava većih oborina te se može zaključiti da su one uzrok porasta broja bakterija. Također, preko ljeta su više temperature pa je moguć i veći rast mikroorganizama. Naime, kiša ispire nečistoće iz atmosfere i s površine tla te one infiltracijom dospijevaju u podzemne vode. Tako se podzemne vode vrlo brzo mogu onečistiti patogenim mikroorganizmima. Iz toga slijedi zaključak da se porast broja bakterija u jesen javlja zbog većih oborina. Na pojedinim lokacijama piezometara zabilježen je veći porast broja koliformnih bakterija kao što su fekalni koliformi, *Escherichia coli* i enterokoki koji su indikatori fekalnog onečišćenja. Kako su u neposrednoj blizini tih piezometara farme za uzgoj goveda i peradi, može se zaključiti da onečišćenje dolazi od fekalija životinja. Prikupljeni su podaci i mjerenja nivoa vode kod uzorkovanja 2021. godine i 2022. godine te se može zaključiti da se iz uzoraka vode piezometara s nižim nivoom vode izolira veći broj bakterija. S obzirom na to da klimatske promjene donose ekstremne vremenske prilike, vrlo je važno nastaviti kvalitetno praćenje podzemnih voda da bi se zaštitili vrijedni vodni resursi Međimurske županije.

## Izjava o autorstvu

MEDIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
Bana Josipa Jelačića 22/a, Čakovec

Prilog 3

### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, internetskih i drugih izvora) bez pravilnog citiranja. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom i nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARTINA VJANIĆ [ime i prezime studenta] pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom MIKROBIOLOŠKA  
KVALITETA PODZEMNIH VODA SLIVA RJEKE DRAVE NA  
PODRUČJU MEDIMURSKE ŽUPANIJE.  
te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

Martina Vjanić  
(vlastoručni potpis)

## Literatura

1. Bačani, A. (2006), Hidrogeologija, Rudarsko-geološko naftni fakultet, Zagreb
2. Biondić B. (2006): Interna skripta iz kolegija Hidrogeologija. Geotehnički fakultet, Zagreb
3. Dodlek Agro (2020), Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš crpljenja podzemnih voda iz istražno – eksploatacijskog zdenca na k.č.br. 639 k.o. Gardinovec, Općina Belica, Ecomission d.o.o., Varaždin. Dostupno na: [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/08\\_07\\_2020\\_Elaborat\\_Dodlek\\_Agro.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/08_07_2020_Elaborat_Dodlek_Agro.pdf) (datum pristupa: 25.2.2024.)
4. Dreven, R. (2022) Mikrobiološka analiza vode s područja Varaždinske i Koprivničko Križevačke županije. Dostupno na: [file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/faks/Zavr%C5%A1ni%20rad/Radovi%20Podzemne%20vode/završni\\_rad\\_rafaela\\_dreven.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Desktop/faks/Zavr%C5%A1ni%20rad/Radovi%20Podzemne%20vode/završni_rad_rafaela_dreven.pdf) (datum pristupa: 25.2.2024.)
5. Europska komisija (2007), Zajednička strategija provedbe okvirne direktive o vodama (200/60/EC), Vodič br.15 o praćenju podzemnih voda. Europska zajednica, Luksemburg. Dostupno na: [https://voda.hr/sites/default/files/dokumenti/propisi-i-obrasci/15\\_-\\_vodice\\_o\\_monitoringu\\_podzemnih\\_voda\\_-\\_hrv.pdf](https://voda.hr/sites/default/files/dokumenti/propisi-i-obrasci/15_-_vodice_o_monitoringu_podzemnih_voda_-_hrv.pdf) (datum pristupa: 2.3.2024.)
6. Gereš, D. (2001), Održivo iskorištavanje vode u Hrvatskoj i Europi, Hrvatske vode Zagreb, Ul. grada Vukovara 220 i Građevinski fakultet "Josipa Jurja Strossmayera", Osijek. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/17402> (Datum pristupa: 18.7.2024.)
7. Habuda-Stanić, M., Kalajdžić, B. & Nujić, M. (2007), Tehnologija vode i obrada otpadnih voda, Prehrambeno tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek
8. Horan, N. J. (2003), Faecal indicator organisms, School of Civil Engineering, University of Leeds, LS2 9JT, UK. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/3-s2.0-B978012470100750008X/first-page-pdf> (datum pristupa: 24.6.2024.)
9. Hrvatske vode (2021) Okvirna direktiva EU-a o vodama, Zagreb. Dostupno na: [http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/propisi-i-obrasci/04\\_-\\_okvirna\\_direktiva\\_o\\_vodama\\_-\\_2000\\_60\\_ec\\_-\\_2000.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/propisi-i-obrasci/04_-_okvirna_direktiva_o_vodama_-_2000_60_ec_-_2000.pdf) (datum pristupa: 3.4.2024.)
10. Hrvatske vode (2019), PROJEKT DANUBE SEDIMENT - OKVIRNA PROCJENA SEDIMENTA RIJEKE DUNAV I VEĆIH PRITOKA, Institut za elektroprivredu, Zagreb. Dostupno na: [https://voda.hr/sites/default/files/dokumenti/PUVP3%20-%20KPV%20-%200020\\_1.pdf](https://voda.hr/sites/default/files/dokumenti/PUVP3%20-%20KPV%20-%200020_1.pdf) (Datum pristupa: 19.7.2024.)

11. Hrvatske vode (2021), Studija o utjecaju na okoliš za Projekt Drava LIFE - Integralno upravljanje rijekom Ne-tehnički sažetak za ponovljenu javnu raspravu, Vita projekt d.o.o. Zagreb. Dostupno na: [https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Puo/19\\_05\\_2021\\_Sazetak\\_Drava\\_Life.pdf](https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Puo/19_05_2021_Sazetak_Drava_Life.pdf) (datum pristupa: 3.4.2024.)
12. Kaštelan-Macan, M., Petrović, M., Analitika okoliša (2013), Sveučilište Zagreb, Zagreb
13. Mayer, D. (2004.): *Voda od nastanka do upotrebe*, Prosvjeta d.o.o., Zagreb
14. Međimurska županija (2017) Strateška studija razvoja Međimurske županije do 2020, Oikon d.o.o., Zagreb. Dostupno na: [https://medjimurska-zupanija.hr/dokumenti/Razvojna\\_strategija\\_MZ\\_do\\_2020/SPUO\\_RS\\_Medjimurska\\_2017081\\_7.pdf](https://medjimurska-zupanija.hr/dokumenti/Razvojna_strategija_MZ_do_2020/SPUO_RS_Medjimurska_2017081_7.pdf) (Datum pristupa: 23.1.2024.)
15. Michael J. Goss and Margaret Oliver (2023), Encyclopedia of soils in the environment, Reference work, Second Edition
16. NN 66/2019, ZAKON O VODAMA. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_07\\_66\\_1285.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_66_1285.html) (datum pristupa: 24.3.2024.)
17. NN 3/2020 Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_01\\_3\\_43.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_3_43.html) (datum pristupa: 2.3.2024.)
18. NN 84/2023 Odluka o donošenju plana upravljanja vodnim područjima do 2027. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023\\_07\\_84\\_1335.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_07_84_1335.html) (datum pristupa: 19.2.2024.)
19. NN 96/2019 UREDBA O STANDARDU KAKVOĆE VODA. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_10\\_96\\_1879.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_10_96_1879.html) (datum pristupa: 3.4.2024.)
20. Šantić M., Gobin I., Ožanić M., Marečić V., (2014) Mikrobiologija hrane i vode za studente preddiplomskog studija sanitarnog inženjerstva, Medicinski fakultet sveučilišta u Rijeci, Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju, Rijeka
21. Vwr chemicals (2013) Technical Data Sheet, Tryptone bile x-glucuronide agar - TBX (ISO). Dostupno na: [https://pt.vwr.com/assetsvc/asset/pt\\_PT/id/11776048/contents](https://pt.vwr.com/assetsvc/asset/pt_PT/id/11776048/contents) (datum pristupa: 3.3.2024)
22. Humeau (2015) Technical sheet TS 610071, Pseudomonas Agar Base. Dostupno na: [https://www.humeau.com/media/blfa\\_files/TC\\_Pseudomonas-gelose-base\\_EN\\_020718\\_5137bad7135953d0074481fa4e64a8b4.pdf](https://www.humeau.com/media/blfa_files/TC_Pseudomonas-gelose-base_EN_020718_5137bad7135953d0074481fa4e64a8b4.pdf) (datum pristupa: 3.3.2024.)

23. Naglić T., Hajsig D., Madić J., Pinter Lj., (2005) Veterinarska mikrobiologija specijalna bakteriologija i mikologija, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Hrvatsko mikrobiološko društvo, Zagreb
24. WHO (2011) Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth edition. Dostupno na: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151\\_eng.pdf;jsessionid=04DE20C63CC9777A1C117BE624C52282?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=04DE20C63CC9777A1C117BE624C52282?sequence=1) (datum pristupa: 15.3.2024.)
25. Wojciechowska-Shibuya, M. (2015) United Nations Secretary-General`s Advisory Bord on Water and Sanitation, New York. Dostupno na: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/2165unsgab-journey-web5rev.pdf> (datum pristupa: 18.7.2024.)

## 8. Popis ilustracija

### 8.1. Popis slika

<b>Slika 1:</b> Molekula vode .....	9
<b>Slika 2:</b> Vodikova veza .....	10
<b>Slika 3:</b> Međuzrnska poroznost	<b>Slika 4:</b> Pukotinska poroznost..... 11
<b>Slika 5:</b> Escherichia coli na podlozi TBX - agar .....	16
<b>Slika 6:</b> Pseudomonas aeruginosa na podlozi PSA - agar .....	17
<b>Slika 7:</b> Enterokoki na podozi Slanetz Bartley .....	18
<b>Slika 8:</b> Fekalni koliformi na podlozi mFca .....	18
<b>Slika 9:</b> Uređaj za membransku filtraciju .....	23
<b>Slika 10:</b> Lokacije piezometarske mreže Dave na području Čakovca.....	25

### 8.2. Popis tablica

<b>Tablica 1:</b> Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave.....	26
<b>Tablica 2:</b> Pseudomonas aeruginosa na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave .....	27
<b>Tablica 3:</b> Escherichia coli na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave .....	29
<b>Tablica 4:</b> Enterokoki na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave.....	30
<b>Tablica 5:</b> Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave ....	31
<b>Tablica 6:</b> Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave .....	32
<b>Tablica 7:</b> Pseudomonas aeruginosa na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave .....	34
<b>Tablica 8:</b> Escherichia coli na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave.....	35

**Tablica 9:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave..... 37

**Tablica 10:** Nivo vode na piezometrima na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave.. 38

### **8.3. Popis grafikona**

**Grafikon 1:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave..... 26

**Grafikon 2:** Pseudomonas aeruginosa na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave..... 28

**Grafikon 3:** Escherichia coli na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave ..... 29

**Grafikon 4:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, lijevo zaobalje rijeke Drave ..... 31

**Grafikon 5:** Fekalni koliformi na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave..... 33

**Grafikon 6:** Pseudomonas aeruginosa na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave ..... 34

**Grafikon 7:** Escherichia coli na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave ..... 36

**Grafikon 8:** Enterokoki na lokaciji Čakovec, desno zaobalje rijeke Drave..... 37