

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE - STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 8 BROJ 1-2

LIPANJ 2025.

Glasiilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Urednički odbor / Editorial Board:Izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevandziev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Sezai Ercişli – Republika Turska (Atatürk University Agricultural Faculty)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediterranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Jasna Hasanbegović – Bosna i Hercegovina (Agromediterranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszcy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Helenska Republika (Federation Panhellénique de l' Ornithologie)

Dr. sc. Jae Hwan Lee, pred. - Republika Koreja (Natural Science Research Institute of Sahmyook University in Seoul, South Korea)

Doc. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Doc. dr. sc. Andrea Paut – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Nibir Pratim Choudhury, MBA - Republika Indija (Ph.D student i suradnik na projektu - University of Science and Technology Meghalaya)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženjering „Hans Em“ Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Azra Skender – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediterranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Bojana Voučko – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnički fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc. Objavljeno: 30. lipnja 2025. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja. Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska

(2025) 8(1-2) 01–75

SADRŽAJ:

Str.

Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

T. Svalina, Antea Goreta, B. Dorbić, M. Šuste, Žana Delić, Mladenka Šarolić

Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte *Pošip*
The influence of aging in concrete and stainless steel tanks on the aromatic profile of *Pošip*
wine 01–09

Aida Štrkljević, Merima Toromanović, Ajla Halkić

Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom
periodu
Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring
water during the winter period 10–26

Jelena Kuzman Katica, Aida Šukalić, Svetlana Hadžić, Dženita Alibegić, Alma Mičijević

Heavy Metal Intake and Potential Carcinogenic Risks Through Consumption of Leafy
Vegetables in Mostar 27–41

Pregledni rad (scientific review)

Valentina Rahelić, Ines Banjari, Josipa Matanić, Sandra Bival, Eva Pavić

Uloga nutritivne intervencije u liječenju graničnog poremećaja ličnosti i poremećaja u
jedenju
The role of nutrition intervention in the treatment of borderline personality disorder and
eating disorders..... 42–59

Stručni rad (professional paper)

Mara Marić, Jana Anić, Ana Auguštin, Maša Barbić, Dora Bazjak, Una Bedaić,

B. Dorbić, Ivana Paladin Soče, D. I. Žeravica, Jelena Baule, Ivana Vitasović Kosić

Alohtone i invazivne biljne vrste u hrvatskoj rasadničarskoj proizvodnji
Non-native and invasive plant species in the Croatian nursery production 60–72

Društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements)

B. Dorbić

Nagrade Udruge Future u 2025. godini
Awards of the Association Futura in the year 2025..... 73–73

Upute autorima (instructions to authors) 74–75

Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom periodu

Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring water during the winter period

Aida Štrkljević¹, Merima Toromanović^{1*}, Ajla Halkić²

izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.8.1-2.2

Citiranje/Citation³

Sažetak

Voda je jedan od najvažnijih prirodnih resursa, ključan za ekosustav, ljudsko zdravlje i održivi razvoj. Izvorske vode predstavljaju značajan dio vodenih resursa, karakteristične po svojoj visokoj kvaliteti i stabilnom dotoku iz podzemnih rezervoara. Njihova čistoća i kemijski sastav ovise o geološkim i hidrološkim uvjetima, ali mogu biti pod utjecajem različitih zagađivača. U ovom istraživanju određeni su parametri kvaliteta vode s lokalnog izvorišta Klokot (Bihać, Bosna i Hercegovina) u zimskom periodu tijekom tri mjeseca, kako bi se ocijenila njena kvaliteta i identificirali potencijalni rizici po okoliš i zdravlje ljudi. Provedena je detaljna analiza fizičkih, kemijskih i mikrobioloških parametara. Dobiveni rezultati su analizirani i uspoređeni sa zakonskim regulativama kako bi se utvrdila ispravnost vode za različite namjene. Određeni parametri su pokazali odstupanja od optimalnih vrijednosti, što ukazuje na potencijalne antropogene utjecaje. Ovi nalazi naglašavaju potrebu za kontinuiranim praćenjem kvaliteta vode i primjenom adekvatnih mjera zaštite izvorišta kako bi se osigurala dugoročna održivost ovog važnog prirodnog resursa.

Ključne riječi: izvorište Klokot, kvaliteta vode, fizičko-kemijski parametri, mikrobiološka analiza, monitoring.

¹ Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet, Luke Marjanovića bb, 77000 Bihać, Bosna i Hercegovina.

* E-mail: merima.toromanovic@unbi.ba (dopisna autorica)

² Studentica, Univerzitet u Bihaću, Fakultet zdravstvenih studija, Nositelja hrvatskog trolista 4, 77000 Bihać, Bosna i Hercegovina.

³ Štrkljević, A., Toromanović, M., Halkić, A. (2024). Procjena fizičko-kemijske i mikrobiološke kvalitete vode izvorišta Klokot u zimskom periodu. *Glasilo Future*, 8(1-2), 10–26. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.2> / Štrkljević, A., Toromanović, M., Halkić, A. (2024). Assessment of the physical-chemical and microbiological quality of the Klokot spring water during the winter period. *Glasilo Future*, 8(1-2), 10–26. <https://doi.org/10.32779/gf.8.1-2.2>

Abstract

Water is one of the most important natural resources, essential for ecosystems, human health, and sustainable development. Spring waters represent a significant part of water resources, characterized by their high quality and stable flow from underground reservoirs. Their purity and chemical composition depend on geological and hydrological conditions, but they can also be influenced by various pollutants. In this study, selected water quality parameters were determined from the local Klokot (Bihać, Bosna i Hercegovina) spring during the winter period over three months in order to assess its quality and identify potential environmental and human use risks. A detailed analysis of physical, chemical, and microbiological parameters was conducted. The obtained results were analysed and compared with legal regulations to determine the water's suitability for various purposes. Certain parameters showed deviations from optimal values, indicating potential anthropogenic impacts. These findings emphasize the need for continuous water quality monitoring and the implementation of adequate protection measures to ensure the long-term sustainability of this important resource.

Key words: Klokot spring, water quality, physical-chemical parameters, microbiological analysis, monitoring.

Uvod

Voda predstavlja jedan od najvažnijih resursa, neophodan za opstanak svih živih organizama i održavanje ekosustava. Izvorske vode često se smatraju visokokvalitetnima i prirodno čistima, ali mogu biti podložne različitim vrstama zagađenja, uključujući mikrobiološku kontaminaciju uslijed fekalnog onečišćenja, kao i promjene fizičko-kemijskih svojstava uzrokovane geološkim sastavom terena ili antropogenim faktorima. Poseban izazov predstavlja kontrola kvaliteta voda i njihova usklađenost s važećim zakonskim regulativama, koje definiraju dozvoljene parametre za njihovu sigurnu upotrebu.

Osim uloga u ljudskom organizmu, voda je presudna za očuvanje biološke raznolikosti i održavanje ekosustava. Bez dostupnosti kvalitetne vode, osnovni procesi poput navodnjavanja, proizvodnje hrane i higijene bili bi ozbiljno ugroženi (Hukić, 2017). Podzemne vode čine jedan od najvažnijih resursa pitke vode na Zemlji i imaju ključnu ulogu u hidrološkom ciklusu. One nastaju infiltracijom kišnice i otopljenog snijega kroz tlo i propusne geološke slojeve, gdje prolaze kroz prirodne procese filtracije. Ovaj proces omogućava uklanjanje mnogih nečistoća, uključujući suspendirane čestice i mikroorganizme, čime se značajno poboljšava kvalitetu vode (WHO, 2004).

Izvorske vode karakterizirane su stabilnim kemijskim sastavom i mikrobiološkom čistoćom. Zbog toga se često koriste za flaširanje bez dodatne obrade, osim dozvoljenih fizičkih metoda poput: dekantacije i filtracije (za uklanjanje nestabilnih čestica), aeracije (za oslobađanje otopljenih plinova, poput vodikovog sulfida) te kontroliranog uklanjanja neželjenih mineralnih sastojaka u slučajevima kada voda

sadrži prekomjerne koncentracije određenih elemenata, poput željeza ili mangana (Henze, 2010). Prema Zavodu za javno zdravstvo FBiH (2020), voda je jedan od glavnih prijenosnika infektivnih bolesti, a mikroorganizmi koji uzrokuju bolesti mogu dospjeti u organizam ne samo konzumiranjem zagađene vode, već i kontaktom s kontaminiranom vodom tijekom kupanja, pranja ruku i rada u poljoprivredi. Bakterije poput *Escherichia coli*, *Salmonella* i *Vibrio cholerae* mogu izazvati ozbiljne infekcije probavnog sustava i druge zdravstvene komplikacije. Analiza kvaliteta vode predstavlja ključni korak u očuvanju zdravlja ljudi, ekosustava i održivom korištenju vodenih resursa. U procesu analize koriste se različite metode i tehnike koje omogućavaju precizno mjerenje parametara poput pH vrijednosti, koncentracije teških metala, zamućenosti, prisustva bakterija i drugih patogena (United Nations, 2017). Mikrobiološki parametri, koji obuhvaćaju prisutnost bakterija, virusa i protozoa ključni su za ocjenu zdravstvene ispravnosti vode. Mikroorganizmi, poput bakterija, mogu imati važno ekološko značenje jer razgrađuju štetne tvari i doprinose samočišćenju vodnih tijela (Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10 i 30/12). Koliformne bakterije, među kojima su najpoznatije *Escherichia coli*, često služe kao indikator fekalnog zagađenja (Directive 2000/60/EC, 2000). Voda može sadržavati patogene poput virusa (hepatitis A, rotavirus) i parazita (*Giardia*, *Entamoeba histolytica*). Dugotrajno izlaganje zagađenoj vodi može dovesti do kroničnih bolesti poput oštećenja jetre, bubrega i drugih vitalnih organa (Jovanović i Jovanović, 2015). Parametri kvaliteta vode uključuju i koncentracije nitrata i fosfata, koji u visokim količinama mogu izazvati eutrofikaciju, proces u kojem dolazi do prekomjernog rasta algi, smanjena koncentracije kisika u vodi i ugrožavanja vodenih ekosustava. Zbog toga je od esencijalne važnosti redovito praćenje ovih parametara kako bi se održala ravnoteža u vodenim tijelima i očuvala sigurnost vodoopskrbe (WHO, 2004).

Voda može sadržavati i kemijske tvari, kao što su teški metali (olovo, arsen, kadmij), pesticidi, industrijski otpad i druge onečišćujuće tvari. Jedan od najvažnijih zakona u BiH koji se bavi kvalitetom vode je Zakon o vodama. Ovaj zakon regulira upravljanje vodenim resursima, uključujući zaštitu kvaliteta površinskih i podzemnih voda, sanitarne standarde i upravljanje vodnim ekosistemima (Jovanović i Jovanović, 2015). Također Zakon o zaštiti okoliša pruža osnovu za zaštitu kvaliteta vode u BiH. Ovaj zakon osigurava održivo upravljanje prirodnim resursima i sprječava onečišćenje voda, čime se doprinosi očuvanju ekološke ravnoteže i zdravlja građana (Službene novine Federacije BiH 33/03).

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi kvalitetu rijeke Klokot kroz ispitivanje osnovnih fizičko-kemijskih parametara, kao i mikrobiološke ispravnosti. Posebna pozornost posvećena je prisustvu koliformnih bakterija, koje služe kao indikatori fekalnog onečišćenja i potencijalne sanitarne neispravnosti vode. Metode korištene u analizi omogućile su preciznu procjenu stupnja onečišćenja i uspoređivanje rezultata sa standardima za kvalitetu vode. Dobiveni podaci pružaju uvid u trenutni status rijeke Klokot, te mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja i donošenje mjera zaštite vodnih ekosustava. Naglasak je stavljen na značaj kontinuiranog monitoringa i pravilnog upravljanja vodenim resursima, kako bi se osigurala njihova dugoročna zaštita i održivost.

Materijali i metode

Izvorište Klokot koje je bilo predmet istraživanja predstavlja jedno od značajnijih vodnih tijela u regiji, poznato po svojoj hidrografskoj važnosti i kvaliteti vode. Smješteno u blizini Bihaća (Bosna i Hercegovina), ovo izvorište karakterizira stabilan protok vode tijekom cijele godine, što ga čini pouzdanim resursom za lokalno stanovništvo. Voda iz izvorišta Klokot uglavnom pripada kategoriji izvorskih voda, ali njena kvaliteta može biti pod utjecajem geološkog sastava tla i antropogenih faktora. Hidrološke karakteristike izvorišta ukazuju na podzemne tokove koji doprinose njegovoj čistoći i kemijskom sastavu. Pored značaja za lokalno stanovništvo, izvorište Klokot je važno i u hidroenergetskom smislu, jer doprinosi vodotokovima koji se koriste za proizvodnju električne energije. Također, područje oko izvorišta je stanište brojnih biljnih i životinjskih vrsta, što dodatno naglašava potrebu za njegovom zaštitom i očuvanjem kvaliteta vode.

Uzorkovanje izvorske vode obavljeno je na izvoru Klokot u Bihaću tijekom zimskih mjeseci 2024/2025 godine – studeni, prosinac i siječanj. Zimski period je izabran jer tada dolazi do najmanjeg antropogenog utjecaja, odnosno manjih promjena u sastavu vode zbog smanjenog prisustva ljudi i poljoprivrednih aktivnosti u neposrednoj okolini izvora. Osim toga, hidrološki uvjeti u zimskom periodu (npr. povećana infiltracija vode iz padalina i otapanja snijega) omogućavaju bolji uvid u prirodne osobine izvora, stabilnost kvaliteta vode i ponašanje vodonosnika u različitim režimima. Uzorci su prikupljeni tri puta, po jedan uzorak mjesečno, u skladu s pravilima dobre laboratorijske prakse i prema preporukama iz standardne metode za ispitivanje vode (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA).

Voda je uzimana direktno s izvorišta, u sterilne staklene boce zapremine 1 litre, koje su prethodno isprane destiliranom vodom i sterilizirane. Uzorkovanje je vršeno s površine izvora na dubini od približno 30 cm, kako bi se izbjegla površinska kontaminacija, ali i dobio reprezentativan uzorak vode koja se koristi za piće. Tijekom uzorkovanja mjereni su i osnovni *in situ* parametri (temperatura vode, pH, električna provodnost i kisik), pomoću multiparametarskog mjernog uređaja, a uzorci za kemijsku i mikrobiološku analizu transportirani su u rashlađenom transportnom hladnjaku i analizirani unutar 6 sati u ovlaštenom laboratoriju.

Analiza je obavljena u laboratoriju Biotehničkog fakulteta i Fakultetu zdravstvenih studija Univerziteta u Bihaću. Ispitivanja su provedena primjenom standardnih metoda u skladu s važećim smjernicama, pri čemu su svi analitički parametri određeni metodama koje propisuje American Public Health Association (APHA, 1998). Za mjerenje osnovnih fizičko-kemijskih parametara, uključujući pH vrijednost, temperaturu i električnu provodnost korištena je elektroda uređaja WA-2017SD. Koncentracija kisika u vodi je određena primjenom elektrode uređaja WA-2017SD.

Amonijačni dušik (N-NH₄) određivan je spektrofotometrijski metodom po Nessleru na uređaju Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS (BAS ISO 7150-1:2002). Nitriti i nitrati su određeni spektrofotometrijskom metodom pomoću uređaja Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS, uz upotrebu Merck kitova Spectroquant 1.14776 i Spectroquant 1.14773. Ukupni fosfor je također određen spektrofotometrijskom metodom pomoću uređaja Spektrofotometar photoLab® 6600 UV-VIS, uz upotrebu Merck kitova Spectroquant 1.14848 (BAS EN ISO 6878:2006).

Za potrebe ovog istraživanja napravljena je i mikrobiološka analiza. Određen je broj kolonija pri 22 °C i 37 °C, kao i ukupne koliformne bakterije, te prisustvo *E. coli*. Utvrđivanje broja kolonija pri 22 °C i pri 37 °C napravljeno je klasičnim zasijavanjem uzorka (1 ml) na agar ploču (Plate Count Agar Acc. To APHA and ISO 4833), dok je utvrđivanje broja ukupnih koliformnih bakterija, kao i detekcija *E. coli* napravljeno membranskom filtracijom. Nakon zasijavanja, uzorci su ostavljeni na inkubaciji narednih 48 h na različitim temperaturama (22 °C i 37 °C). Za mikrobiološku analizu uzoraka u ovom istraživanju korištena je metoda membranske filtracije (ISO 9308-1:2000/Cor 1:2007; EN ISO 9308-1:2000/AC:2008) s gotovim podlogama za određivanje ukupnih koliformnih bakterija (Službeni glasnik Republike Srpske, 02/1-020-/01).

Rezultati i diskusija

Rezultati analize ispitivanih uzoraka uspoređeni su s graničnim preporučenim vrijednostima i maksimalno dozvoljenim koncentracijama propisanim zakonskom regulativom. Rezultati analize ispitanih uzoraka uspoređeni su s graničnim preporučenim vrijednostima i maksimalno dozvoljenim parametrima propisanim zakonskom regulativom. Rezultati su prikazani tablično u Tablici 1. i grafički na Slici 1., 2. i 3.

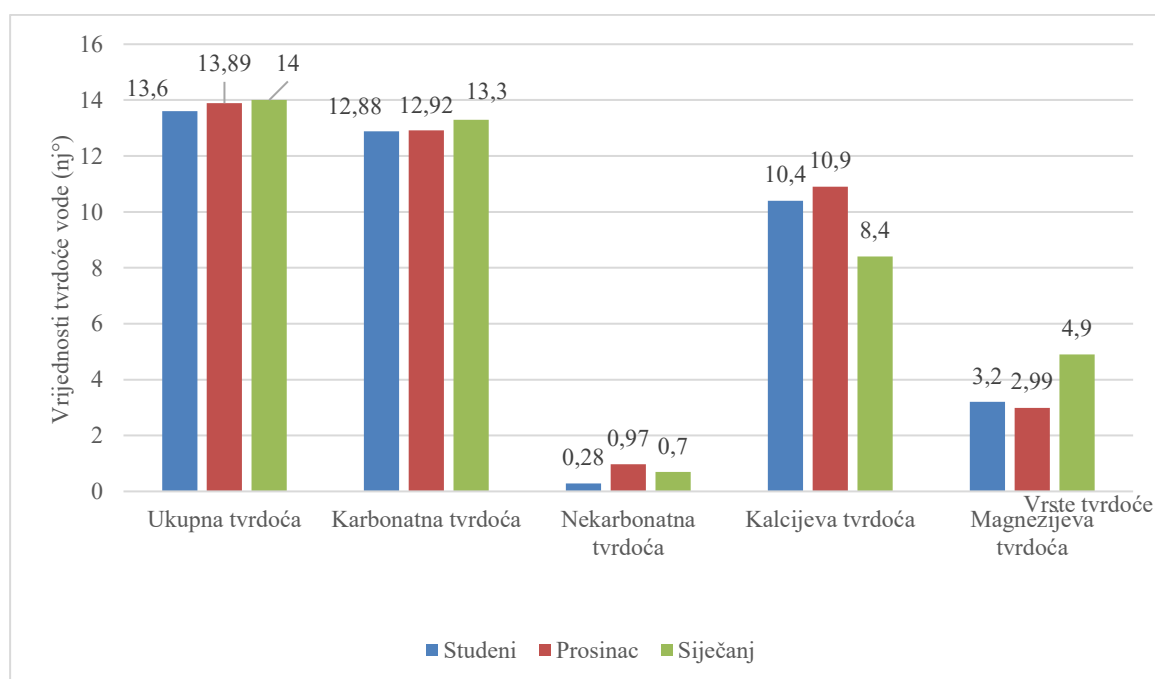
Tablica 1. Fizičko-kemijski parametri kvaliteta vode s izvorišta Klokot (studeni, prosinac, siječanj 2024/2025).

Table 1. Physico-chemical parameters of water quality from the Klokot spring (November, December, January 2024/2025).

Parametri kvalitete	Studeni	Prosinac	Siječanj	MDK po Pravilniku (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.)
pH	7	6,7	7,2	6,5-9,0
Temperatura	14,2	13,9	13,5	< 30°C
Električna provodnost (mS/cm)	0,141	0,174	0,182	≤ 2,5
Otopljeni kisik	6,5	7,8	8,1	> 5 mg O ₂ /L
Mutnoća vode	1,64	1,82	1,26	Nije definirano
Boja	Bez	Bez	Bez	Bez stranih tvari
Miris	Bez	Bez	Bez	Bez stranih tvari
m-alkalitet	46	49	52	20-100 mg/L

Parametri kvalitete	Studeni	Prosinac	Siječanj	MDK po Pravilniku (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.)
HCO ₃ (mg/L)	268,4	282,3	288,7	50-200 mg/L
CO ₃ (mg/L)	60	69	76	10-50 mg/L
Suspendirane tvari (mg/L)	25	19	36	35 mg/L

Kad je riječ o izmjerenim vrijednostima pH kroz tri mjeseca sve su vrijednosti unutar dozvoljenih parametara što ukazuje na neutralnu do blago alkalnu vodu, pogodnu za ljudsku potrošnju. Vrijednosti temperature vode izmjerene tijekom tri mjeseca su uobičajene za izvorsku vodu i takva vrijednost povoljno utječe na stabilnost kvalitete. Električna provodnost vode je niska što znači da je voda nisko mineralizirana, što je često osnovna karakteristika pitke vode dobre kvalitete. Sve vrijednosti otopljenog kisika su iznad minimalne granice. To ukazuje na dobru aeraciju i odsustvo organskog onečišćenja. Srednja vrijednost mutnoće vode iznosi 1,57, ali prema dostavljenim podacima, Pravilnik (Službeni glasnik BiH, br. 30/12.) ne propisuje graničnu vrijednost za ovaj parametar. Ipak, mutnoća je važan indikator kvalitete vode, jer može ukazivati na prisustvo suspendiranih čestica, mikroorganizama ili organskih tvari. Niska mutnoća poput ove, obično sugerira dobru prozirnost vode i odsustvo značajnijeg onečišćenja. Voda sa izvorišta je bez boje i mirisa. Na sljedećoj slici (Slika 1.) prikazane su izmjerene vrijednosti tvrdoće vode tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025).



Slika 1. Vrijednosti tvrdoće vode izmjerene tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025)

Figure 1. Values of water hardness measured over a three-month period (November, December, and January 2024/2025).

Srednja vrijednost ukupne tvrdoće vode izmjerena tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj) iznosila je 13,68 °nj (njemačkih stupnjeva) što je unutar dozvoljenih granica prema Pravilniku (7-15

°nj). Ova vrijednost ukazuje na to da se voda može klasificirati kao umjereno do tvrda. Tvrda voda nije štetna za ljudsko zdravlje, ali može uzrokovati taloženje kamenca u instalacijama i kućanskim aparatima.

Srednja vrijednost izmjerene karbonatne tvrdoće u periodu od tri mjeseca iznosi 13,03 °nj, što ukazuje na visok sadržaj bikarbonata (HCO_3^-) i karbonata (CO_3^{2-}). Ova vrijednost je blizu ukupne tvrdoće, što znači da je većina minerala u vodi prisutna u obliku karbonata i bikarbonata kalcija i magnezija. Visoka karbonatna tvrdoća obično doprinosi stabilnosti pH vrijednosti vode, jer djeluje kao pufer i sprječava nagle promjene kiselosti. Može uzrokovati stvaranje kamenca u cjevovodima i uređajima koji koriste vodu.

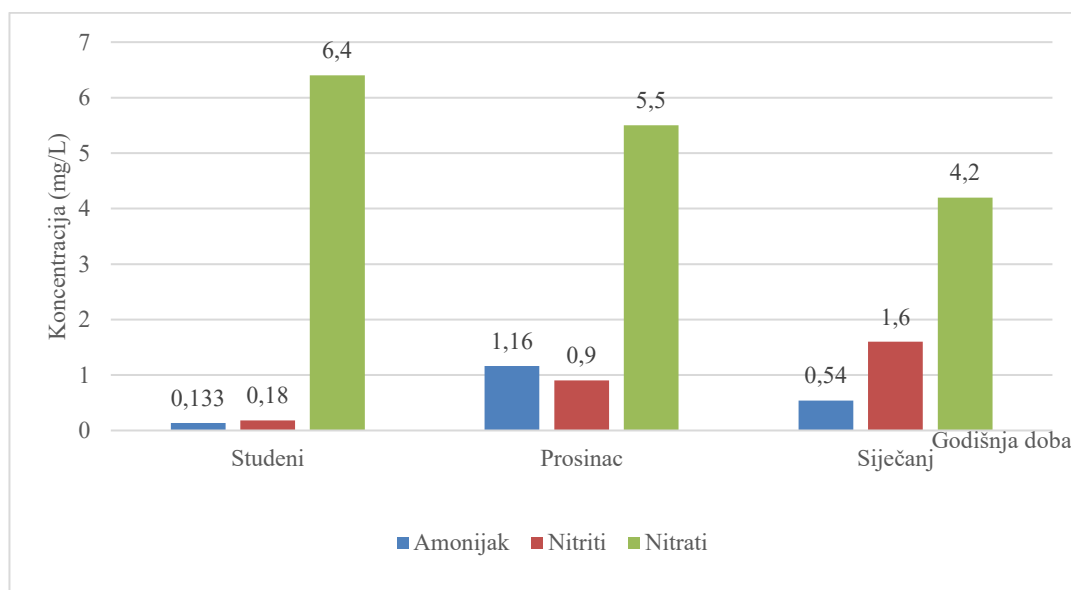
Srednja vrijednost nekarbonatne tvrdoće za tri mjeseca iznosi 0,65 °nj, što je izuzetno niska vrijednost. Ovo znači da je gotovo sva ukupna tvrdoća vode uzrokovana karbonatima i bikarbonatima kalcija i magnezija, dok je udio sulfata, klorida i drugih nekarbonatnih soli zanemariv.

Srednja vrijednost kalcijeve tvrdoće izmjerene tijekom tri mjeseca iznosi 9,9 °nj, što ukazuje na dominantno prisustvo kalcijevih soli u vodi. S obzirom da je ukupna tvrdoća vode 13,68 °nj, može se zaključiti da najveći dio tvrdoće potječe od kalcija, dok magnezij ima manji udio. Visoka kalcijeva tvrdoća često uzrokuje taloženje kamenca u vodovodnim instalacijama dok s druge strane, kalcij u vodi je koristan za ljudsko zdravlje, jer doprinosi unosu esencijalnog minerala u organizam.

Srednja vrijednost magnezijeve tvrdoće iznosi 3,7 °nj. U usporedbi s kalcijevom tvrdoćom (9,9 °nj), može se zaključiti da je kalcij dominantan, ali je i magnezij prisutan u značajnoj količini. Magnezij u vodi može imati različite utjecaje. U umjerenim koncentracijama doprinosi ljudskom zdravlju, jer je esencijalan za metabolizam i funkciju mišića. Međutim visoke koncentracije magnezija mogu dati gorak ukus i u nekim slučajevima djelovati laksativno.

Srednja vrijednost m-alkaliteta izmjerenog u periodu od tri mjeseca iznosi 49 mg/L, što pokazuje sadržaj bikarbonata u vodi. Ovaj pokazatelj je važan jer ukazuje na sposobnost vode da neutralizira kiseline i održi stabilnu vrijednost kiselosti (pH). Veća vrijednost ovog pokazatelja znači da je voda otpornija na nagle promjene kiselosti, što je korisno za biljni i životinjski svijet. U ovom slučaju vrijednost od 49 mg/L ukazuje na umjerenu alkalnost što znači da voda ima dobru ravnotežu i nije sklona naglim promjenama kiselosti.

Srednja vrijednost sadržaja karbonata (CO_3^{2-}) u vodi izmjerenih u studenom, prosincu i siječnju iznosi 68,3 mg/L, što ukazuje na izraženu alkalnost i dobru sposobnost vode da neutralizira kiseline. Karbonati su važni za održavanje stabilne kiselosti (pH) jer sprječavaju nagle promjene u kemijskom sastavu vode. Pored karbonata važnu ulogu u kemijskoj ravnoteži vode imaju i bikarbonati (HCO_3^{2-}), djelujući kao pufer koji sprječava nagle promjene kiselosti. Na sljedećoj slici (Slika 2.) prikazane su koncentracije spojeva s dušikom u ispitivanom uzorku (mg/L) tijekom tri mjeseca (studen, prosinac i siječanj 2024/2025).



Slika 2. Koncentracija spojeva s dušikom u ispitivanom uzorku (mg/L) (studenj, prosinac, siječanj 2024/2025).

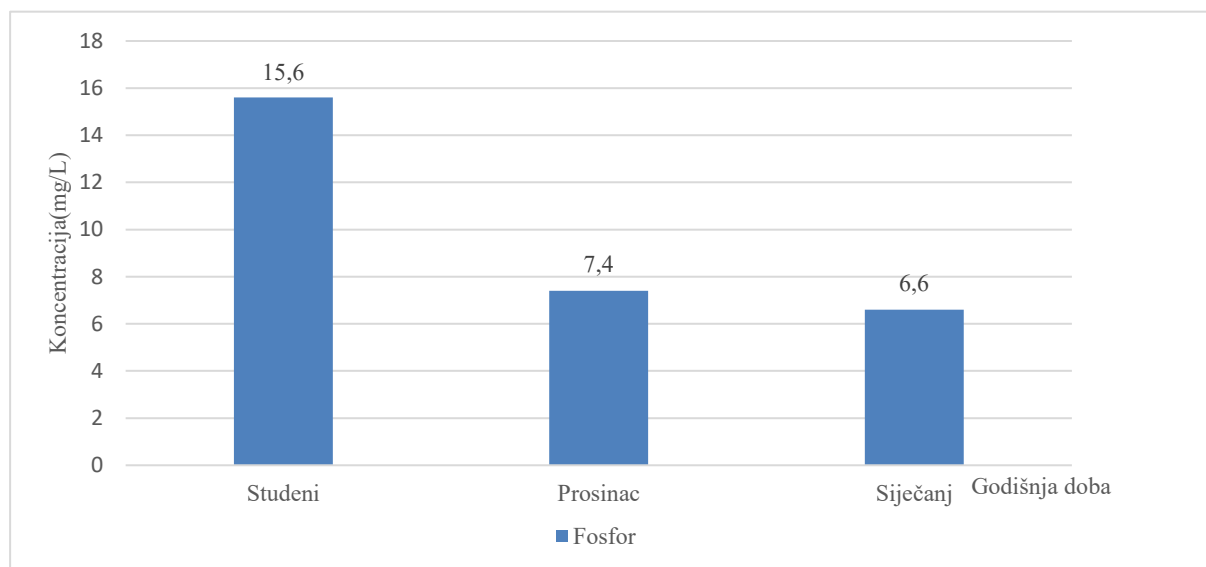
Figure 2. Concentration of nitrogen compounds in the analyzed sample (mg/L) (November, December, January 2024/2025).

Amonijak je u studenom bio prisutan u vrlo niskoj koncentraciji (0,133 mg/L), te se voda smatra neoneočišćenom amonijakom i bez većih rizika po zdravlje i ekosustav, ali je u prosincu zabilježen porast na 1,16 mg/L, što može ukazivati na prisustvo organskog otpada ili slabiju razgradnju u tom periodu. U siječnju je koncentracija pala na 0,54 mg/L, što može biti rezultat razrjeđenja ili poboljšane razgradnje amonijaka u vodi. Prisutnost amonijaka u vodenim sustavima upućuje na razgradnju organskih spojeva koji sadrže dušik, a uzrokovana je djelovanjem mikroorganizama. Tijekom vegetacijskog perioda, njegova količina u površinskim vodama ostaje niska. Procesom nitrifikacije, koji provode nitrifikacijske bakterije, amonijak se transformira u nitrate, što dovodi do smanjenja njegove koncentracije, a povećanja sadržaja nitrata (Lončar, 2019).

Nitriti (NO_2^-) su produkt razgradnje amonijaka i drugih dušičnih spojeva, a njihova koncentracija može biti štetna za ljudsko zdravlje i ekosustav. U studenom je izmjerena vrijednost bila 0,18 mg/L, te je kao takva mnogo manja od dozvoljene granice i voda se smatra sigurnom u pogledu prisustva nitrita. U prosincu je koncentracija blago pala na 0,9 mg/L, dok je u siječnju zabilježena vrijednost od 1,6 mg/L. Ovaj porast može ukazivati na neravnotežu u nitrifikacijskom procesu, pri čemu dolazi do nakupljanja nitrita zbog smanjenog prelaska u nitrate.

Nitrati (NO_3^-) u vodi mogu potjecati iz poljoprivrednih aktivnosti, industrijskih izvora ili razgradnje organskih tvari. Najveća vrijednost nitrata izmjerena je u studenom i iznosila je 6,4 mg/L, ali je i dalje unutar dozvoljenih graničnih vrijednosti i voda se smatra sigurnom u pogledu sadržaja nitrata. U prosincu se koncentracija smanjuje na 5,5 mg/L, a u siječnju dalje pada na 4,2 mg/L. Ovaj postepeni pad može biti rezultat smanjene aktivnosti mikroorganizama zbog nižih temperatura ili smanjenog

dotoka nutrijenata. Na Slici 3. prikazane su koncentracije fosfora u ispitivanom uzorku (mg/L) tijekom ispitivanja tri mjeseca.



Slika 3. Koncentracija fosfora u ispitivanom uzorku (mg/L) (studeni, prosinac, siječanj 2024/2025)

Figure 3. Concentration of phosphorus in the analyzed sample (mg/L) (November, December, January 2024/2025).

Rezultati analize pokazuju izražene mjesečne varijacije kada je u pitanju koncentracija fosfora u vodi. U studenom je izmjerena vrijednost iznosila 15,6 mg/L što značajno prelazi preporučeni nivo te voda može predstavljati opasnost za okoliš. U prosincu dolazi do značajnog pada koncentracije fosfora na 7,4 mg/L, što može biti rezultat manje količine padalina, smanjenje upotrebe poljoprivrednih sredstava ili poboljšanog protoka vode koji dovodi do razrjeđenja onečišćenja. U siječnju koncentracija dodatno opada na 6,6 mg/L, zadržavajući trend smanjenja. Iako ova vrijednost još uvijek može imati negativan utjecaj na vodeni ekosustav, niža je u odnosu na prethodne mjesece, što može ukazivati na smanjenu poljoprivredna aktivnost u zimskom periodu, a koja se eventualno provodi u blizini izvorišta – zimi se rijetko primjenjuju gnojiva koja sadrže fosfor. Također povećana količina padavina i otapanje snijega mogu dovesti do razrjeđenja koncentracije fosfora u izvorima.

Do povećane koncentracije fosfora može doći uslijed antropogenih utjecaja, ali također raspadanje biljaka ili mikroorganizama može privremeno povećati koncentraciju fosfora.

Prije provođenja mikrobiološke analize, izvršena je priprema nutritivnog agara, koji se koristi kao čvrsta podloga za rast mikroorganizama. Na Slici 4. prikazan je proces pripreme nutritivnog agara za rast mikroorganizama.



Slika 4. Proces pripreme nutritivnog agara za rast mikroorganizama (Štrkljević i sur., 2024/2025).

Figure 4. Procedure for the preparation of nutrient agar for cultivation of microorganisms (Štrkljević et al., 2024/2025).

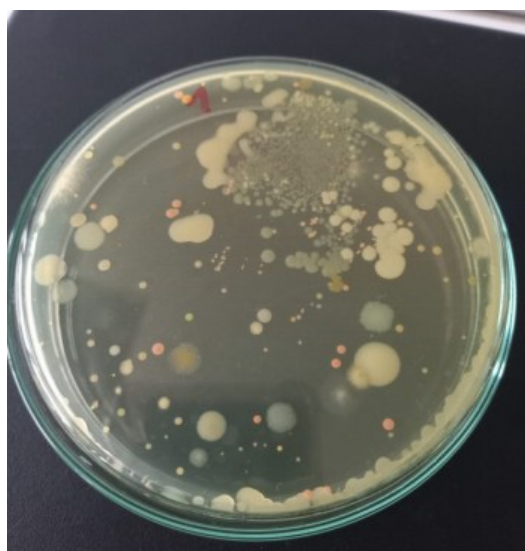
Mikrobiološka analiza vode prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Primjena metode membranske filtracije za mikrobiološku analizu vode (Štrkljević i sur., 2024/2025).

Figure 5. Application of the membrane filtration method for microbiological analysis of water (Štrkljević et al., 2024/2025).

Mikrobiološka analiza uzoraka vode provedena je i metodom membranske filtracije, koja omogućava detekciju i kvantifikaciju mikroorganizama prisutnih u vodi. Nakon filtracije, membrana je inkubirana na selektivnom nutritivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija, koje se koriste kao indikatori fekalne kontaminacije. Utvrđivanje broja kolonija pri 37 °C klasičnim zasijavanjem uzorka na agar ploču prikazano je na Slici 6, dok Slika 7. prikazuje rezultate mikrobiološke analize na selektivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija.



Slika 6. Utvrđivanje broja kolonija pri 37 °C klasičnim zasijavanjem uzorka na agar ploču (Plate Count Agar Acc. to APHA and ISO 4833) (Štrkljević i sur., 2024/2025).

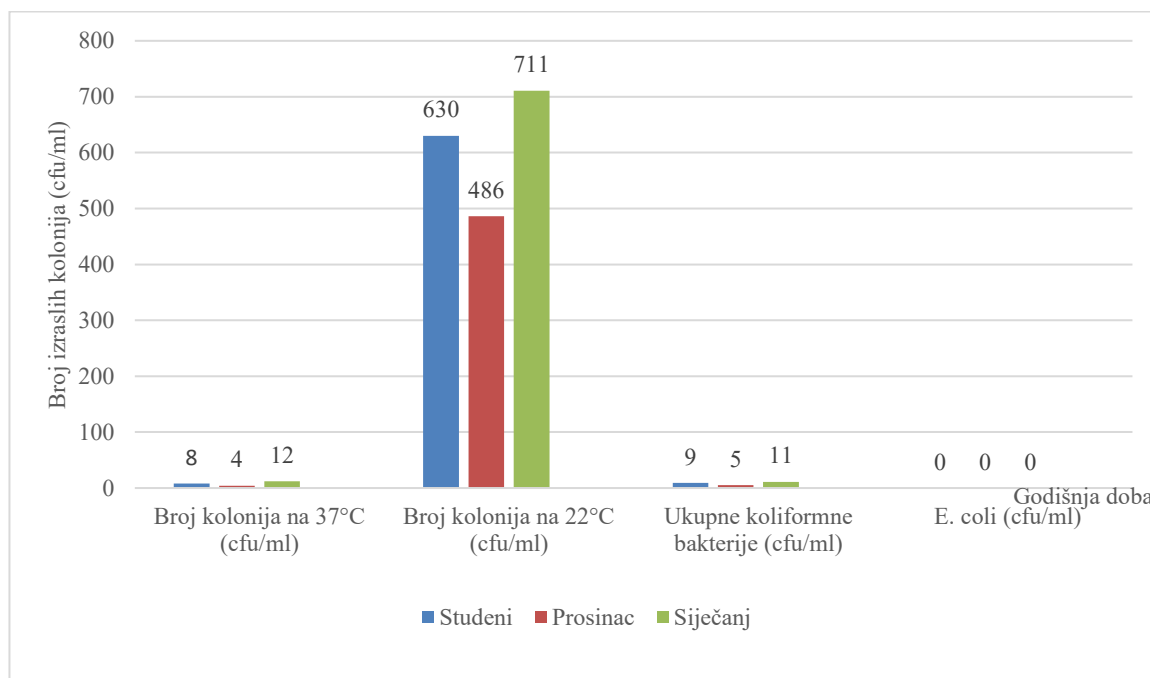
Figure 6. Determination of colony-forming units at 37 °C using conventional sample inoculation on Plate Count Agar, in accordance with APHA and ISO 4833 guidelines (Štrkljević et al., 2024/2025).



Slika 7. Rezultati mikrobiološke analize na selektivnom mediju pogodnom za rast koliformnih bakterija (Štrkljević i sur. 2024/2025).

Figure 7. Results of microbiological analysis on a selective medium suitable for the growth of coliform bacteria (Štrkljević et al., 2024/2025).

Rezultati mikrobiološke analize vode tijekom tri mjeseca (studeni, prosinac i siječanj 2024/2025) prikazani su grafički na Slici 8.



Slika 8. Mikrobiološka analiza vode (2024/2025).

Figure 8. Microbiological analysis of water (2024/2025).

Tijekom tri mjeseca praćenja (studeni, prosinac, siječanj), analizirani su sljedeći mikrobiološki parametri: broj kolonija pri 37 °C i 22 °C (izraženi u cfu/ml) i prisustvo *E. coli* (cfu/100 mL). Broj kolonija pri 37 °C ukazuje na prisustvo bakterija koje uspijevaju pri temperaturi ljudskog tijela, a time i na potencijalne patogene. U studenom je zabilježeno 8 cfu/mL, što je manje od koncentracije u siječnju 12 cfu/ml, dok je prosinac imao najmanji broj 4 cfu/mL. Ove vrijednosti su sve u granicama prihvatljivog za higijenski ispravnu vodu, ali blago povećanje u siječnju može ukazivati na sezonski utjecaj ili promjenu u kvaliteti izvora vode. Broj kolonija pri 22 °C, koji prikazuje prisustvo bakterija iz okoline, bio je najviši u siječnju (711 cfu/mL), dok je u studenom bio 630 cfu/mL što je pokazatelj potencijalnog prisustva heterofilnih mikroorganizama, a najniži u prosincu (486 cfu/mL). Ovaj parametar pokazuje veću promjenjivost, pri čemu povećanje u siječnju može biti posljedica povećanog unosa organskih tvari ili nižih temperatura koje pogoduju rastu ovih mikroorganizama. Ukupne koliformne bakterije, koje su indikator fekalnog zagađenja, bile su prisutne sva tri mjeseca, ali u vrlo niskim koncentracijama: 9 cfu/100 ml u studenom, 5 u prosincu i 11 cfu/100 mL u siječnju. Iako su ove vrijednosti niske, njihovo prisustvo ukazuje na potrebu za kontinuiranim nadzorom, naročito zbog

blagog porasta u siječnju. *E. coli*, najvažniji indikator fekalnog onečišćenja nije detektirana ni u jednom mjesecu (0 cfu/mL), što ukazuje na odsustvo direktnog fekalnog onečišćenja.

Analiza fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara vode izvorišta Klokot tijekom zimskih mjeseci (studen, prosinac i siječanj) ukazuje na relativno stabilnu, ali ne i potpuno nepromjenjivu kvalitetu vode. Promjene koje su zabilježene u koncentracijama pojedinih pokazatelja rezultat su kombinacije prirodnih sezonskih čimbenika, hidroloških uvjeta i mogućih antropogenih utjecaja u okolini izvorišta. Bitno je napomenuti da u blizini izvorišta nema industrijskih postrojenja.

Vrijednosti pH, otopljenog kisika, električne vodljivosti i temperature tijekom promatranog razdoblja bile su stabilne i u skladu s očekivanim vrijednostima za izvorsku vodu. Blaga alkalnost i dobra zasićenost kisikom potvrđuju odsutnost značajnijeg organskog onečišćenja, dok niska vodljivost i umjerena tvrdoća, pretežno karbonatnog podrijetla, ukazuju na prirodnu mineralnu ravnotežu i povoljan kemijski sastav vode. Tvrdoća vode, iako prisutna u izraženijoj mjeri, najviše je određena koncentracijom kalcija, što je tipično za krška područja. Dominacija karbonatne tvrdoće pridonosi stabilizaciji pH vrijednosti jer djeluje kao pufer i ublažava nagle promjene kiselosti.

Uočena varijabilnost u koncentracijama dušikovih spojeva karakteristična je za vodna tijela izložena organskom opterećenju i mikrobnj razgradnji. Povećane koncentracije amonijaka i nitrita u prosincu i siječnju mogu se objasniti usporavanjem nitrifikacijskog procesa uslijed nižih temperatura koje smanjuju aktivnost mikroorganizama odgovornih za pretvorbu amonijaka u nitrate. Osim toga, u zimskom se razdoblju često bilježi smanjen protok i prozračivanje vode, što pogoduje nakupljanju produkata razgradnje organske tvari. Suprotno tome, koncentracija nitrata pokazuje trend postupnog opadanja, što je vjerojatno povezano sa smanjenim ispiranjem tla i nižim unosom hranjivih tvari iz okoliša zbog smanjene poljoprivredne aktivnosti i mirovanja vegetacije.

Sličan obrazac zabilježen je i kod koncentracije fosfora, koja je u studenome bila izrazito visoka, dok je u prosincu i siječnju došlo do značajnog pada. Takav trend sugerira sezonski karakter izvora onečišćenja – najvjerojatnije poljoprivrednog podrijetla – jer se u zimskom razdoblju smanjuje primjena gnojiva bogatih fosforom. Povećana količina oborina i otapanje snijega također mogu pridonijeti razrjeđenju koncentracija fosfora u vodi, smanjujući opterećenje izvorišta. Promjene u koncentraciji fosfora mogu također biti posljedica mikrobne razgradnje biljnog materijala i mikroorganizama, što lokalno može povećati njegovu prisutnost, no ti su učinci najčešće kratkotrajni.

Mikrobiološki parametri potvrđuju relativnu mikrobiološku čistoću vode. Iako su koliformne bakterije bile prisutne svakog mjeseca, koncentracije su bile niske i u skladu s kriterijima za zdravstvenu ispravnost vode, dok *E. coli* nije detektirana ni u jednom uzorku, što ukazuje na odsutnost izravnog fekalnog onečišćenja. Oscilacije u ukupnom broju kolonija pri 22 °C i 37 °C mogu se tumačiti kao

posljedica promjena temperature, unosa organske tvari i dinamike površinskog otjecanja, koje je zimi često promjenjivo zbog oborina i otapanja snijega.

Prema pravilnicima i zakonodavstvu o prirodnim mineralnim i izvorskim vodama, kao što je Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama (Službeni glasnik BiH br. 32/12), vode moraju zadovoljiti specifične mikrobiološke, fizičko-kemijske i kemijske parametre kako bi se kvalificirale za ljudsku potrošnju i druge potrebe. Ovaj pravilnik jasno definira maksimalno dozvoljene koncentracije za različite parametre, uključujući fosfor, nitrite, amonijak, suspendirane tvari i druge komponente koje direktno utječu na kvalitetu vode. Na temelju Uredbe o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka, rezultati mikrobiološke analize ukazuju da voda sa izvora rijeke Klokot pripada I. Klasi što označava vrlo zadovoljavajuće stanje površinskih voda. Ovo znači da voda s ovog izvora ispunjava standarde visoke kakvoće, ali je neophodno redovno praćenje njenih parametara.

Slična istraživanja proveli su i drugi autori. U svom istraživanju Crnković je provela mikrobiološku analizu izvorske vode na području Gorskog kotara. Istraživanje je pokazalo da na kvalitetu izvorske vode značajno utječu sezonske promjene, klimatski uvjeti, okolni prirodni čimbenici, kao i blizina urbanih područja. U određenim periodima zabilježene su povećane koncentracije mikroorganizama što ukazuje na potrebu redovnog monitoringa (Crnković, 2012).

U svom istraživanju (Karahmet et al., 2023) proveli su ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstava uzoraka sa izvora Zlatarica (Bugojno), gdje pokazuju da je voda: pogodna za piće, s malom mineralizacijom, prosječnom temperaturom 9,3 °C. Voda je prozirna, nema miris niti okus, a pH vrijednost joj je 7,85. Prema klasifikaciji iona, spada u hidrokarbonatno-kalcijev tip. Sadržaj sulfata bio je iznimno nizak, s prosjekom od 4 mg/L. Također, sadržaj klorida je bio nizak, između 1,77 i 2,48 mg/L. Posebno je značajan vrlo nizak nivo natrija (Na), koji varira od 2,13 do 6,9 mg/L. U vodi nisu nađeni nitriti niti amonijak, dok je koncentracija nitrata vrlo niska, gotovo zanemariva, što sugerira da nema organskog onečišćenja. Koncentracija fluorida (0,27 mg/L) i selen (Se) u iznosu od 6,6 mg/L ukazuje na kvalitetu vode koja je značajna za ljudsko zdravlje. Bakteriološka ispitivanja su potvrdila odsutnost koliformnih bakterija, a ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija bio je dva. Nisu izolirani koliformni oblici fekalnih bakterija, streptokoki, *Proteus* spp. sulfito-reducirajuće klostridije i *Pseudomonas aeruginosa*. Tijekom 2019. godine, Ribić je provela ispitivanje kvalitete pitke vode na području Osječko-baranjske županije. Uzorci s različitih lokacija analizirani su na prisutnost bakterija, *Escherichia coli*, razinu slobodnog klora, temperaturu, pH vrijednost, mutnoću i boju. Dobiveni rezultati ukazuju na to da je voda bila zdravstveno ispravna, iako je tijekom ljetnih mjeseci zabilježena niža kvaliteta zbog veće mutnoće i povećanog broja bakterija. Na primjer, tijekom lipnja i kolovoza zabilježene su vrijednosti mutnoće iznad 4 NTU, dok su koncentracije slobodnog klora bile ispod preporučenih 0,2 mg/L (Ribić, 2019).

Za mikrobiološku analizu vode koju su proveli Stupar i sur. (2022) prikupljena su dvadeset četiri uzorka vode sa šest krških izvora iz okruga Bihor (sjeverozapadna Rumunjska) u periodu siječnja, travnja, lipnja i studenog 2011. godine. Uzorci vode su analizirani na *E. coli*, ukupne koliformne bakterije, crijevne enterokoke, *Pseudomonas aeruginosa* i heterotrofni broj bakterija na 37 i 22 °C. Korištene su standardne mikrobiološke metode koje su temeljene na tehnici membranskog filtera ili metodi izlivanja ploče. Ova studija je otkrila da krški izvori s proučavanog područja pokazuju mikrobiološko onečišćenje. Utvrđen je rizik od gastrointestinalnih bolesti za odrasle i djecu zbog enteropatogene kontaminacije *E. coli*. Rizik od infekcije/dan i rizik od infekcije/godina bili su visoki, s maksimalnim vrijednostima od 0,24 odnosno 1,00. Preventivne mjere uz kontinuirano praćenje potrebne su uglavnom za one izvore vode koji su ključni izvori pitke vode (Stupar i sur., 2022).

Un Nisa i Omer (2023) u svojoj studiji istraživali su prisutnost ukupnog broja koliformnih bakterija, *E. coli*, i fekalnih streptokoka u himalajskim izvorima na raznim lokacijama u okrugu Kulgam u dolini Kašmira. Prikupljeno je ukupno 30 uzoraka vode. Fizikalno-kemijski parametri pronađeni su unutar prihvatljivih granica. Međutim fosfati i nitrati pronađeni su iznad dopuštene granice što ukazuje na prisutnost antropogenih aktivnosti. Većina uzoraka bila je sa visokim udjelom ukupnih koliformnih bakterija s maksimalnom granicom većom od 180 MPN/100 ml. *E. coli* i fekalni streptokoki izmjereni su u rasponu od manje 1 do više od 180 MPN/100 ml. Rezultati ove studije pokazali su visoke koncentracije fekalnih indikatorskih bakterija te da ovakva voda nije prikladna za piće.

Ilić i Palijan (2021) u svom istraživanju proveli su mikrobiološku analizu vode na području Papuka. Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi prisutnost koliformnih bakterija na nekoliko odabranih izvora, te procijeniti njihovu prikladnost za konzumaciju. U laboratorijskim mikrokozmičkim uvjetima ispitivana je sposobnost preživljavanja dodanih koliformnih bakterija. Uzorci vode prikupljeni su 18. veljače 2018. godine s izvora Jankovac, Kokočak (Vučenović), Muška voda i Žervanjska. Tijekom analize određivan je ukupan broj bakterija na hranjivoj podlozi, te broj koliformnih bakterija pomoću endoagara. Također su mjerene vrijednosti pH i električne vodljivosti. Rezultati su pokazali da je izvor Kokočak imao povećan broj ukupnih mikroorganizama i koliformnih bakterija, zbog čega se ta voda ne smatra prikladnom za piće. Vode s preostalih izvora bile su, prema ispitivanim parametrima, prikladne za ljudsku upotrebu. U pokusu preživljavanja, koliformne bakterije su nakon devet dana bile prisutne u svim mikrokozmosima osim u onom s vodom iz Muške vode. Upravo je ta voda pokazala najbolju kvalitetu prema analiziranim parametrima, te najmanju sposobnost zadržavanja koliforma u slučaju mogućeg onečišćenja. Dobiveni rezultati daju samo ograničen uvid u kvalitetu izvorske vode, stoga je za konačnu procjenu zdravstvene ispravnosti potrebno provesti dodatna ispitivanja.

Zaključak

Analiza fizičko-kemijskih i mikrobioloških parametara vode izvorišta Klokot tijekom zimskog perioda ukazala je na relativno dobru kvalitetu vode, uz prisutnost manjih odstupanja pojedinih parametara od propisanih graničnih vrijednosti. Vrijednosti pH, temperature, električne provodnosti, otopljenog kisika, te tvrdoće i alkaliteta vode uglavnom su bile u skladu sa zakonskim normama, što potvrđuje stabilan hidrološki i geološki sastav izvorišta. Međutim, uočena su odstupanja u koncentracijama fosfora posebno u studenom i prosincu, što može ukazivati na sezonske ili antropogene utjecaje. Mikrobiološka analiza nije pokazala prisustvo *E. coli*, dok su koliformne bakterije zabilježene u niskim koncentracijama, što ukazuje na zadovoljavajuću higijensku ispravnost uzoraka. Unatoč pozitivnim pokazateljima, prisustvo koliformnih bakterija i povremeni porast koncentracija nutrijenata naglašavaju potrebu za kontinuiranom kontrolom kvaliteta vode, kao i primjenom zaštitnih mjera u slivnom području izvorišta Klokot. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao temelj za buduće studije, planiranje mjera očuvanja kvaliteta vode i informiranje lokalne zajednice o važnosti očuvanja vodenih resursa. Osiguranje dugoročne održivosti izvorišta poput Klokota od važnog je značaja za očuvanje zdravlja stanovništva i zaštitu ekosustava.

Literatura

American Public Health Association (APHA) (1998). Standardne metode za ispitivanje vode i otpadnih voda. Washington, DC: Američko udruženje za javno zdravstvo, Američko udruženje za vodovodne radove i Federacija za vodni okoliš.

Crnković, G., (2012). Mikrobiološka analiza prirodne izvorske vode na području Gorskog Kotara. *Diplomski rad*. Medicinski fakultet u Rijeci.

EU Water Framework Directive (2000). Water Quality and Health Protection. Brussels.

Henze, M. (2010). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*, 3e. Springer India.

Hukić, A. (2017). *Hidrologija-Osnove i primjena*. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

Ilić, D., Palijan, G. (2018). Mikrobiološka analiza izvorske vode na području Papuka. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 154.

Jovanović, M., Jovanović, B. (2015). Mikrobiološki parametri u analizi kvaliteta vode. *Ekološki časopis*, 28(2), 101-115.

Karahmet, E., Isaković, S., Toroman, A., Hamidović, S., Bečić, F., Bečić, E. (2023). Examination of physico-chemical and microbiological characteristics of spring water „Zlatarica” Bugojno. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 47 – 52.

Lončar, A. (2019). Praćenje kvalitete vode Lokvarskog jezera. *Diplomski rad*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet.

Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama (2012). Službeni glasnik BiH, broj 24/12.

Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće. Službeni glasnik BiH, br. 40/10, 43/10 i 30/12.

Ribić, L., (2020). Analiza kvalitete vode za piće na području Osječko-baranjske županije tijekom 2019. godine. *Diplomski rad*. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Odjel za biologiju.

Stupar, Z., Levei, A.E., Neag, E., Baricz, A., Szekeres, E., Moldovan, T.O. (2022). Microbiological water quality and health risk assessment in karst springs from Apuseni Mountains Romania. *Front. Environ. Sci., Sec. Water and Wastewater Menagement Volume 10-2022*.

United Nations (2017). Water quality and Sanitation: Global Perspective. New York.

Un Nisa, F., Omer, R. (2023). Evaluation of physicochemical and microbiological parameters, and their correlation in Himalayan Spring Water Systems: A case study of District Kulgam of Kashmir Valley, India, Western Himalaya. *Environmental Monitoring and Assessment, Volume 195 article number 441*.

Uredba o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001). Službeni glasnik Republike Srpske, 02/1-020-/01.

World Health Organisation (WHO) (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. ISBN 978-92-4-004506-4 (electronic version).

Zakon o zaštiti okoliša (2003). Službene novine Federacije BiH 33/03.

Primljeno: 27. svibnja 2025. godine

Received: May 27, 2025

Prihvaćeno: 28. lipnja 2025. godine

Accepted: June 28, 2025