

EVALUATION OF TEMPERATURE EFFECTS ON THE NUMBER OF PATHOGENIC MICROORGANISMS IN WATER

Azra Fočo

Faculty of Health Studies, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, azra.foco@fzs.unsa.ba

Abstract: Water is the basic need of every living being and it is important to ensure its safety, whether it is water intended for drinking or for recreation and rehabilitation. Water is consumed in various areas of life in addition to water supply for the population, such as agriculture, various types of industry, energy production, and for pharmaceutical and recreational purposes. Underground water (raw waters) contamination represents a serious threat for drinking water supplies. It has been established that microorganisms in underground water can live up to fifty days. However, biological contamination of water is also possible, and for this reason, water must be disinfected before use. Once contaminated groundwater is very difficult to restore to its original state, and the procedure itself is very expensive. Therefore, it is best and cheapest to protect groundwater from any pollution. In today's modern ways of living, due to several factors, we are facing global climatic changes that have a vast impact on water quality. Drinking water high temperatures are due to climatic changes that can lead towards an increased number of opportunistic pathogens. The biggest problem is that climate variability is strongly influencing population health worldwide. The effects on underground waters resources and water related illnesses are on the rise, especially within changing climate scenarios such as differences in rain patterns, temperature rising etc. The aim of this research was microbiology analysis of underground waters samples periodically taken during a whole year in the Sarajevo (Bosnia & Herzegovina) area, with the intent of showing the effects caused by temperature changes caused by shifting seasons towards pathogenic microorganisms. Pathogenic microorganisms analysis was done following the book of instructions for hygienic security for drinking water within the County of Sarajevo and it was done for: Escherichia Coli, coliform bacteria, Enterococcus faecalis, aerobic mesophilic bacteria at 22C and 36C and Clostridium perfringens. Based on obtained data we can see that temperature factors induce growth of pathogenic microorganisms. Samples taken during warmer periods have a bigger presence of pathogenic microorganisms compared to samples taken during colder periods. A very important conclusion of this research is that higher air temperatures during the year could potentially lead towards an even higher number of pathogenic microorganisms inside underground waters that will have a negative implication on drinking water that runs from these sources and therefore we could face health hazards for general population.

Keywords: underground waters, drinking water, pathogenic microorganisms, climate changes, temperature

PROCJENA UTICAJA TEMPERATURE NA BROJ PATOGENIH MIKROORGANIZAMA U SIROVIM VODAMA

Azra Fočo

Fakultet zdravstvenih studija, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, azra.foco@fzs.unsa.ba

Sažetak: Voda je osnovna potreba svakog živog bića te je važno osigurati njenu sigurnost, bilo da se radi o vodi namijenjenoj za piće ili za rekreaciju i rehabilitaciju. Voda se troši u raznim oblastima života pored vodosnadbjevanja stanovništva kao što su poljoprivreda, razne vrste industrije, proizvodnje energije te u farmaceutske i rekreativne svrhe. Kontaminacija podzemnih voda (sirovih voda) predstavlja ozbiljnu prijetnju zalihama vode za piće. Utvrđeno je da mikroorganizmi u podzemnoj vodi mogu živjeti do pedesetak dana. Ipak je moguće i biološko onečišćenje vode, pa iz toga razloga prije upotrebe voda mora biti dezinficirana. Jednom onečišćene podzemne vode vrlo je teško povratiti u prvobitno stanje, a sam postupak vrlo je skup. Stoga je najbolje i najjeftinije čuvati podzemne vode od bilo kojeg onečišćenja. U današnjem savremenom svijetu zbog različitih faktora dolazi do narušavanja klime i do globalnog zatopljenja što uveliko utiče na kvalitet vode. Visoke temperature vode za piće nastaju zbog klimatskih promjena i mogu dovesti do povećanja oportunističkih patogena. Ono što predstavlja najveći problem jeste što klimatska varijabilnost snažno utiče na zdravlje ljudi širom svijeta. Uticaj na resurse površinskih i podzemnih voda i bolesti povezane sa vodom se povećavaju, posebno pod promjenjivim klimatskim scenarijima kao što su raznolikost u obrascima padavina, povećanje temperature, padavine itd. Cilj ovog rada je bio mikrobiološka analiza uzoraka podzemnih voda uzetih periodično tokom cijele godine na području Sarajeva, Bosna i Hercegovina, kako bi se prikazao uticaj promjena temperature izazvanih promjenom godišnjih doba na kvantitativni sastav patogenih mikroorganizama. Analiza patogenih mikroorganizama obuhvatala je one

patogene mikroorganizme koji se analiziraju na osnovu Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće u Kantonu Sarajevo (Sl.glasnik BiH 40/10,43/10 i 30/12) a obuhvataju: *Escherichia coli*, *Koliformne bakterije*, *Enterococcus faecalis*, *Aerobne mezofilne bakterije na 22°C i 36°C* i *Clostridium perfringens*. Na osnovu dobivenih rezultata može se vidjeti da uticaj temperature znatno utiče na rast i razvoj patogenih mikroorganizama. Uzorci uzorkovani u toplijem periodu godine imaju veće prisustvo patogenih mikroorganizama, od uzoraka uzorkovanih u hladnijem periodu godine. Jedan od bitnih zaključaka ovog istraživanja bi bio da povećanjem prosječne temperature zraka na godišnjem nivou bi s vremenom dovelo do još većeg broja patogenih mikroorganizama u podzemnim i površinskim vodama što bi imalo negativnu implikaciju na kvalitet vode za piće koja ujedno potiče od ovih izvora a samim tim bi došlo do narušavanja opšteg zdravlja ljudi.

Ključne riječi: Podzemne vode, voda za piće, patogeni mikroorganizmi, klimatske promjene, temperatura.

1. UVOD

Klimatska varijabilnost je sve veća zabrinutost širom svijeta. Klimatske promjene duboko utiču na društveno i prirodno okruženje i jedna su od glavnih prijetnji javnom zdravlju. Na kvalitet vodnih objekata značajno utiču ekstremni vremenski uvjeti, koji povećavaju kontaminaciju vode za piće. Očekuje se da će klimatske promjene povećati prevalenciju bolesti koje se prenose vodom, posebno u zemljama u razvoju. Zalihe pitke vode koje su otporne na klimu su kritične za zaštitu zajednica od fekalne kontaminacije, a time i od povećanja rizika od bolesti (Ludwig F, Van Schelting CT, Verhagen J, Van Kruijt B, Van Lerland E, Dellink R, De Bruin K et al, 2007). Promjene klime su također mnogo uticale na kontaminaciju podzemnih voda koje ujedno predstavljaju jedan od glavnih izvora vode za piće, čime su ugrozile i ljudske živote (Passker L, Grist N, Hedger M, Lennartz-Walker T, Scholz I, 2020; Haikerwal A, Saxena SK, 2020). Mnoge današnje studije se bave očekivanim promjenama temperature i padavina u narednim godinama. Procijenjeno je da je prosječna globalna temperatura u posljednjih stotinu godina porasla ukupno za oko 0,8°C zbog emisije stakleničkih gasova, a posljednje godine su zabilježene kao najtoplije u novijoj historiji. Zbog porasta globalne temperature, promjene nivoa padavina nisu ujednačene posljednjih decenija. Kao rezultat toga monsunske padavine će se češće dešavati u vlažnim i subhumidnim područjima, dok će u obalnim i hipersušnim područjima doći do smanjenja zimskih i ljetnih padavina (Andrade L, O Dwyer J, O Neill E, Hynds P, 2018; Tong S, Ebi K, 2019). Utvrđeno je da klimatske promjene mogu uticati na bolesti povezane sa vodom kao što su malarija, groznica i druga zarazna oboljenja. Jedna trećina globalne populacije živi na mjestima koja su povezana sa prijenosom denga groznice. Slično tome, malarija je bolest zavisna od padavina i smanjuje se sa smanjenjem padavina (Froelich BA & Daines D A, 2020). Globalno, skoro sve zemlje su pogođene uticajima klimatskih promjena, posebno zemlje u razvoju koje su ranjivije i sklonije katastrofama kao što su ekstremne poplave, suše, oluje i toplotni talasi (Lal M, Whetton PH, Pittoc AB, Chakraborty B, 1998; Hosaka Y, 2017). Prema izvještaju iz 2018. godine niska vrijednost indeksa klimatskog rizika (CRI) ukazuje da se Bosna i Hercegovina nalazi među deset zemalja koje su najviše pogođene prirodnim katastrofama (Sharma M & Chowhan S, 2022). Očekuje se da će temperatura vode za piće porasti u narednim decenijama zbog klimatskih promjena i vjerovatno je da će rast većine opturnističkih patogena u vodi za piće biti pojačan kada temperatura vode poraste duže vrijeme iznad 20°C do 25°C (Wielen PW & Wullings BA, 2019). Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) preporučuje maksimalnu temperaturu od 25°C za vodu za piće na česmi jer je voda na višim temperaturama manje ukusna u utiče na koncentraciju nekoliko neorganskih sastojaka i hemijskih zagađivača koji mogu uticati na okus i pojačati rast mikroorganizama (Verweij PE, Meis JF, Christmann V, Van der Bor M, Melchers WJ, Hilderink BG, Voss A, 1988). Trenutna situacija ukazuje da su potrebne poboljšane strategije prilagođavanja kako bi se minimizirali uticaji klimatske varijabilnosti (Toqeer A, Zounemat-Kermani M, Scholz M, 2020). Zahtjevi u pogledu kvaliteta vode za piće moraju biti u skladu sa Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (Sl.glasnik BiH 40/10,43/10 i 30/12). Ovim Pravilnikom se propisuje zdravstvena ispravnost vode za piće koja služi za javno snadbjevanje stanovništva ili za proizvodnju namirnica namijenjenih za proizvodnju. Kvalitativni status podzemnih voda usko je vezan sa stanjem površinskih voda i njihov kvalitet je skup svih procesa koji imaju utjecaja na vode od momenta kondenzovanja vodene pare u kapljice vode ili čestice leda u atmosferi, pa sve do njenog pojavljivanja putem izvora na površinu zemlje (Redzić S, 2009). Podzemna voda obično nije čista, već sadrži rastvorene mineralne materije i gasove, što uvjetuje razliku između podzemnih voda koje egzistiraju u različitim geološkim sredinama. Prema kvalitativnim karakteristikama, podzemne vode zbijenog akvifera su generalno dobrog kvaliteta. Podzemne vode su relativno ujednačenog kvaliteta jer potiču iz podzemne, izdanske sredine koja predstavlja prirodni filter gdje se prirodnim, hemijskim i biološkim procesima vrši promjena kvaliteta vode (Jusupović F, Novaković B, Rudić A, 2013). Mikroorganizmi se selektivno koloniziraju podzemnim vodama i formiraju specifičnu bakterijsku zajednicu u odnosu na druge nadzemne ekosisteme (Sha C, Wu J, Shen C, Wu J, Yan Z, Wan M, 2023).

2. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je sprovedeno u Kantonu Sarajevu, u Bosni i Hercegovini u vremenskom periodu od 01.01.2022. godine do 31.12.2022. godine. Mikrobiološka analiza uzoraka rađena je u akreditovanoj laboratoriji prema ISO standardu 17 025. Uzorci sirove vode uzimani su periodično tokom cijele godine, ukupno 36 uzoraka. Uzorci su uzorkovani prema standardu BAS EN ISO 19458 i svaki uzorak je transportovan pod kontrolisanim uslovima u laboratoriju na daljnju analizu. Uzorci su analizirani odmah pri dolasku u laboratoriju prema standardnim metodama za detekciju i brojanje mikroorganizama. Za prisustvo i identifikaciju *Escherichiae coli* i koliformnih bakterija koristio se standard BAS EN ISO 9308-1:2014/A1:2017 Kvalitet vode- Brojanje *Escherichae coli* i koliformnih bakterija-Dio 1: Metoda membranske filtracije za vode sa niskim prirodnim fonom bakterijske flore. Aerobne mezofilne bakterije su analizirane standardnom metodom *Određivanje broja kolonija cijepljenjem agar hranjive podloge za gajenje* BAS EN ISO 6222:2003, *pour plate metoda*. *Određivanje Enterococcus faecalis* vršeno je metodom *Detekcija i brojanje crijevnih enterokoka- Dio 2- Metoda membran filtracije*, BAS EN ISO 7899-2:2003. Brojanje kolonija *Clostridium perfringens* vršeno je prema BAS EN ISO 14189:2017, metodom membran filtracije u anaerobnim uslovima. Rezultati dobivenih kolonija su predstavljeni kao ukupan broj kolonija- cfu.

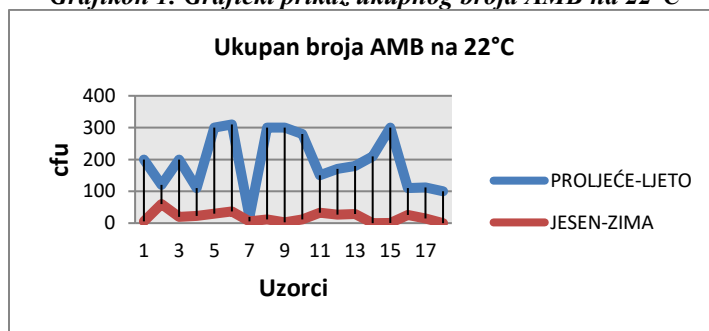
Statistička obrada podataka uključivala je statistički postupak **te-test** gdje je odabrana **p vrijednost <0.05**.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U istraživanju procjene uticaja temperature na broj patogenih mikroorganizama u sirovoj vodi korišteno je 36 uzoraka. Na osnovu dobivenih rezultata i izračuna t-testa možemo vidjeti da li postoji značajna razlika u kvantitativnoj zastupljenosti pojedinih patogenih mikroorganizama u odnosu na period uzorkovanja i analize, odnosno na variranje temperature zraka uslijed promjene godišnjih doba.

Analizom Aerobnih mezofilnih bakterija na 22°C možemo primjetiti da je u periodu proljeće-ljeto kada su temperature zraka u prosjeku između 20-35°C znatno veći porast bakterija u odnosu na period jesen-zima kada su temperature znatno niže (Grafikon 1). Analiza t-testa pokazala je da postoji statistički značajna razlika u dobivenim rezultatima i iznosi **t- 1,539**.

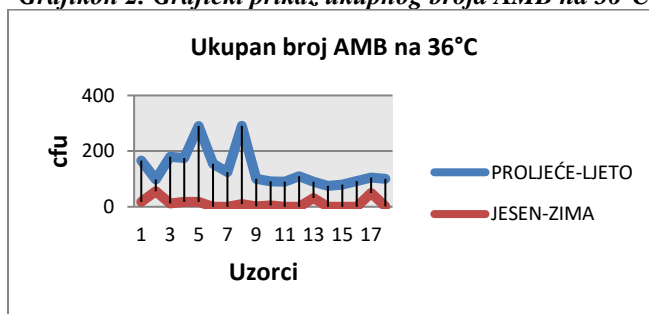
Grafikon 1. Grafički prikaz ukupnog broja AMB na 22°C



Izvor: Istraživanje autora

Analizom Aerobnih mezofilnih bakterija na 36°C rezultat t-testa je znatno veći od analize AMB na 22°C i iznosi **t- 7,764**. Na osnovu dobivenih rezultata može se vidjeti da visoke temperature pogoduju razvoju AMB na 36°C i da postoji velika razlika u kvantitetu kolonija između godišnjih doba (Grafikon 2).

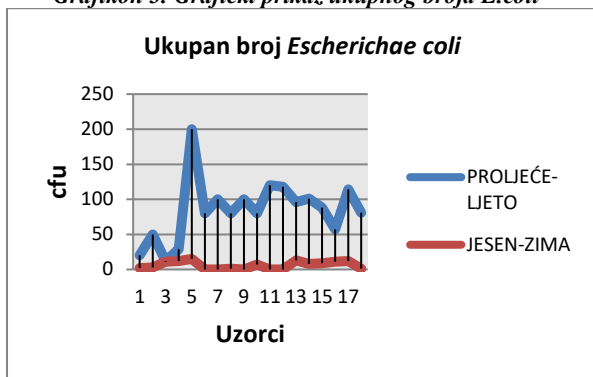
Grafikon 2. Grafički prikaz ukupnog broja AMB na 36°C



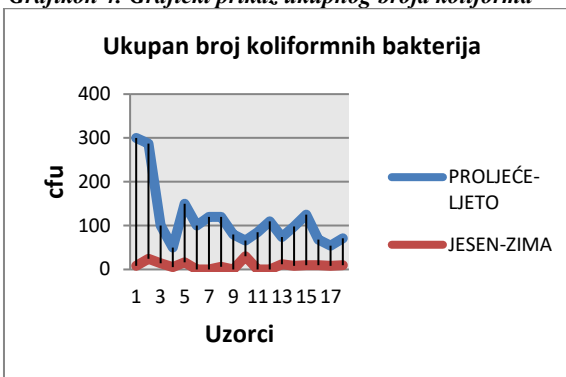
Izvor: Istraživanje autora

Na osnovu dobivenih podataka o uticaju visine temperature na razvoj *Escherichae coli* također vidimo da višoj temperature i topliji period godine pogoduje razvoju ovih patogenih bakterija (Grafikon 3). Statistička analiza t-testa pokazala je značajnu razliku u broju bakterija (cfu) između uzoraka **t-6,694**. Koliformne bakterije pokazuju nešto manju statističku razliku u odnosu na Ešerihiju, te je t-test za Koliformne bakterije **t-3,442**. Na Grafikonu 4 se može vidjeti da i koliformnim bakterijama pogoduje toplije vrijeme i da je broj kolonija (cfu) znatno veći u periodu proljeće-ljeto.

Grafikon 3. Grafički prikaz ukupnog broja *E.coli*



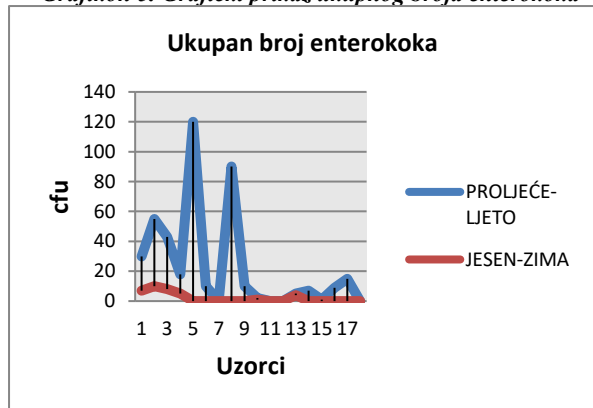
Grafikon 4. Grafički prikaz ukupnog broja koliforma



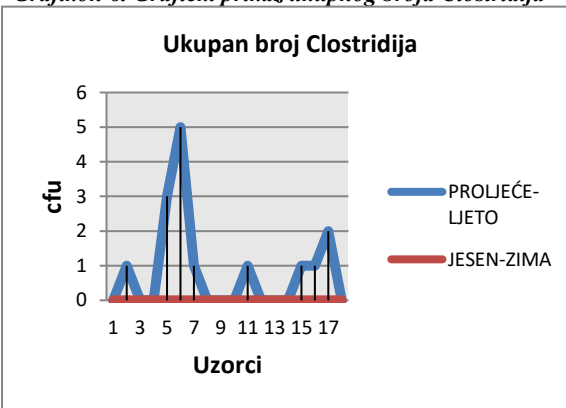
Izvor: Istraživanje autora

Analizom uzoraka sirove vode na prisustvo i broj kolonija *Enterococcus faecalis* i *Clostridium perfringens* dobili smo znatno manje vrijednosti t-testa. Za enterokoke on iznosi **t-0,012**, dok za clostridije je **t-0,024**. Kada je riječ o broju kolonija *Enterococcus faecalis* može se zapaziti nešto veći broj u periodu proljeće-ljeto (Grafikon 5). *Clostridium perfringens* nije identifikovan u uzorcima uzorkovanim u periodu jesen-zima dok je mali broj identifikovan u uzorcima uzorkovanim u periodu proljeće-ljeto (Grafikon 6).

Grafikon 5. Grafički prikaz ukupnog broja enterokoka



Grafikon 6. Grafički prikaz ukupnog broja Clostridija



Izvor: Istraživanje autora

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata možemo zaključiti da promjena temperature uzrokovana promjenom godišnjih doba dovodi do razlike u broju kolonija patogenih mikroorganizama u sirovoj vodi (podzemnoj vodi). Također, možemo zaključiti da više temperature dovode do porasta broja kolonija patogenih mikroorganizama, te se povećanjem prosječne temperature uslijed globalnog zatopljenja može očekivati da taj broj raste sve više. U ovoj ekperimentalnoj studiji uzet je manji broj uzoraka i period uzorkovanja je ograničen samo na jednu godinu što se ujedno smatra ograničenjem studije.

IZJAVA O SUKOBU INTERESA

Autor se izjašnjava da ne postoji sukob interesa.

LITERATURA

- Andrade, L., Dwyer, J., Neill, E., & Hynds, P. (2018). Poplave površinskih voda, kontaminacija podzemnih voda i enterične bolesti u razvijenim zemljama: Pregled povezanosti i posljedica. *Environ. Pollut* , 236 , 540–549.
- Froelich, B.A., & Daines, D.A. (2020). Efekti klimatskih promjena na interakciju vibrio-ljud. *Environ. Microbiol* .
- Haikerwal, A., & Saxena, S.K. (2020). Utjecaj klimatskih promjena na zarazne bolesti povezane sa vodom. Infektivne bolesti povezane sa vodom . *Singapur: Springer*.
- Hosaka, Y. (2018). Preuzeto 7. novembra 2024. Uticaj klimatskih promjena na kvalitet vode i mjere protiv budućih pitanja-, Metroplitanska vlada Tokija. Preuzeto iz web stranica: <http://www.niph.go.jp>
- Jusupović, F., Novaković, B., & Rudić, A. (2013). Zdravstvena ekologija i higijena radne sredine. *Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija* .
- Lal, M., Whetton, P.H., & Chakraborty, P.A.B. (1998). Klimatske promjene izazvane stakleničkim plinovima na indijskom podkontinentu kako je projektovano eksperimentima općeg modela cirkulacije. *O Cean Sci* , 9 , 673–690.
- Ludwig, F., Van Schelting, C.T., Verhagen, J., Van Kruijt, B., Van Lerland, E., Dellink, R., & Kabat, P. (2007). Utjecaj klimatskih promjena na zemlje u razvoju-odgovornost EU. *Eur Parliam* .
- Passker, L., Grist, N., Hedger, M., Lennartz-Walker, T., & Scholz, I. (2020). Izazovi klimatskih promjena za razvojnu suradnju EU: nova pitanja. *Policy Brief* .
- Redžić, S. (2009). Opća ekologija. *Sarajevo: Univerzitetaska knjiga*.
- Sha, C., Wu, J., Shen, C., Wu, J., Yan, Z., & Wan, M. (2023). Ekologija bakterijskih zajednica u podzemnim vodama industrijskih područja: raznolikost, sastav, mreža i sklop. *Creative Commonslicence*, 10.1016.
- Sharma, M., & Chowhan, S. (2022). Uticaj klimatskih promjena na smanjenje ekonomskih troškova zemlje u razvoju sa osvrtom na Indiju. *Doi* , 3516569 .
- Tong, S., & Ebi, K. (2019). Prevencija i ublažavanje zdravstvenih rizika od klimatskih promjena. *Environ Res* , 174 , 9–13.
- Toqer, A., Zounement-Kermani, M., & Scholz, M. (2020). Klimatske promjene, kvalitet vode i izazovi vezani za vodu: Pregled sa fokusom na Pakistan. *Int. J. Environ Res. Javno zdravlje*, 17 (22), 8518.
- Verweij, P.E., Christmann, M.J.F., Van Der Bor, V., Hilderink, M.W.J., & Voss, B.G. (1988). Nozokomijalna pojava kolonizacije I infekcije *Stenotrophomonas maltophilia* kod nedonoščadi povezane sa kontaminiranom vodom iz slavine . 120 , 251–256.
- Wielen, P.W., & Wullings, B.A. (2019). Analiza genotipa *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* *Aspergillus fumigates* iz vode za piće otkriva slične genotipove sa sojevima pacijenata. *Međunarodni simpozij o mikrobiologiji vode vezanoj za zdravlje* , 15–20.