

# Mikroplastika u pitkoj vodi

---

**Zovak, Dominik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:072685>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-04**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

**MIKROPLASTIKA U PITKOJ VODI**  
**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivan Halkijević

Student: Dominik Zovak

Zagreb, 2023.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PLASTIKA.....	1
3. MIKROPLASTIKA .....	3
4. MIKROPLASTIKA U VODI.....	4
4.1. Polimeri u vodi .....	7
5. MIKROPLASTIKA U FLAŠIRANOJ VODI I UTJECAJ NA ČOVJEKA .....	8
6. STRATEGIJE SANACIJE .....	9
6.1. Dezinfekcija .....	10
6.2. Kontrola izvora.....	10
7. ISTRAŽIVANJE NOVIH RJEŠENJA .....	11
8. ZAKLJUČAK .....	12
LITERATURA.....	13
PRILOZI.....	13

## SAŽETAK

Rad istražuje prisutnost i potencijalne učinke mikroplastike u pitkoj vodi. Fokus rada se stavlja na načine na koje mikroplastika ulazi u izvore pitke vode, uključujući procese pročišćavanja i distribucije, te kako ova zagađivačka tvar može utjecati na ljudsko zdravlje. U prvom dijelu se ističe da mikroplastika postaje sveprisutna u okolišu i može se naći u različitim vodama, uključujući pitku vodu iz slavine i flaširanu vodu. Ukazuje se na potencijalne rizike za ljudsko zdravlje s obzirom na unos mikroplastike putem pitke vode. Potom se razmatraju metode za uklanjanje mikroplastike iz pitke vode te se predlažu strategije za kontrolu izvora onečišćenja. U radu se ističe potreba za daljnjim istraživanjima kako bi se bolje razumjeli učinci mikroplastike na ljudsko zdravlje te kako bi se razvile učinkovite metode za pročišćavanje pitke vode od ove zagađivačke tvari. U zaključku rada naglašava se važnost razumijevanja prisutnosti mikroplastike u pitkoj vodi i potreba za poduzimanjem mjera kako bi se smanjila kontaminacija pitke vode ovim materijalom te osigurala sigurnost vode za ljudsku konzumaciju.

**KLJUČNE RIJEČI:** mikroplastika, voda, zagađivanje, ljudi, zdravlje

## ABSTRACT

The paper investigates the presence and potential effects of microplastics in drinking water. The paper focuses on the ways in which microplastics enter drinking water sources, including the purification and distribution processes, and how this contaminant can affect human health. The first part points out that microplastics are becoming ubiquitous in the environment and can be found in a variety of waters, including drinking tap water and bottled water. Potential risks for human health are indicated with regard to the intake of microplastics through drinking water. Methods for removing microplastics from drinking water are then considered, and strategies for controlling the source of pollution are proposed. The paper emphasizes the need for further research in order to better understand the effects of microplastics on human health and to develop effective methods for purifying drinking water from this pollutant. The conclusion of the paper emphasizes the importance of understanding the presence of microplastics in drinking water and the need to take measures to reduce the contamination of drinking water with this material and ensure the safety of water for human consumption.

**KEYWORDS:** microplastics, water, pollution, people, health

## **1. UVOD**

Danas su ljudi suočeni s ekološkim izazovima koji duboko utječu na planetu i zdravlje čovječanstva. Jedan od tih izazova je prisutnost mikroplastike, nevidljivih, ali sveprisutnih čestica plastike manjih od 5 milimetara, koje postaju ozbiljna prijetnja našoj pitkoj vodi, vitalnom resursu za život na Zemlji. Pitka voda, koja se smatra zdravom i sigurnom, postaje sve više kontaminirana mikroplastikom, a s njom dolazi i ozbiljna zabrinutost za ljudsko zdravlje i okoliš. Plastika je sada svuda, od svakodnevne ambalaže do tekstila, od kozmetike do medicinskih proizvoda, i gotovo ju je nemoguće izbjeći.

Mikroplastika dolazi iz različitih izvora, uključujući razgradnju većih plastičnih predmeta, otpadnih voda iz pranja sintetičke odjeće, te čak iz guma na cestama i industrijskih procesa. Mnogi od tih mikroplastičnih dijelova također mogu sadržavati opasne kemikalije i služiti kao nositelji patogenih organizama. Ovaj rad ima za cilj dublje istražiti problematiku mikroplastike u pitkoj vodi. Fokusirat će se na izvore, rasprostranjenost, potencijalne učinke na ljudsko zdravlje i okoliš, te potencijalna rješenja za ovu kompleksnu problematiku. S obzirom na sve veću svijest o ekološkim problemima i potrebu za održivim upravljanjem resursima, istraživanje mikroplastike u pitkoj vodi postaje neizostavno za društvo.

## **2. PLASTIKA**

Plastika je materijal koji se sastoji od dugolančanih polimera koji se naširoko koristi u svim sektorima, uključujući zdravlje i hranu, zbog svoje lakoće, jake plastičnosti i fleksibilnosti, toplinske i električne izolacije, kemijske otpornosti, trajnosti i niske cijene. Slika 1. prikazuje što se sve koristi od plastičnih proizvoda u svakodnevnom životu. Njihova se globalna proizvodnja brzo i snažno povećala tijekom posljednjih nekoliko desetljeća i stvara ozbiljne probleme u upravljanju kada se plastični proizvodi pretvore u otpad na kraju svog životnog vijeka.



*Slika 1. Spektar korištenja plastike u svakodnevnom životu*

Zbog nepravilnog zbrinjavanja velika količina plastičnog otpada svake godine dospije u okoliš izazivajući brojne zabrinutosti o njegovom utjecaju na kvalitetu prirodnih resursa i zdravlje ekosustava [2]. Plastika je važan materijal u današnjem svijetu s obzirom na izvanredna fizikalna i kemijska svojstva, inertnost, široku uporabljivost i mogućnost ponovne upotrebe. Shvaćajući potencijal plastike, njezina je proizvodnja na globalnoj razini porasla s 1,5 milijuna tona 1950. - na 359 milijuna tona 2018. godine.

Unatoč brojnim dobrobitima, plastika je povezana s bezbrojnim ekološkim i ljudskim zdravstvenim problemima zbog svoje iznimno spore biorazgradnje u prirodi i otpuštanja otrovnih kemikalija nakon spaljivanja. U mnogim se zemljama značajan dio plastičnog otpada odbacuje kao takav, umjesto da se reciklira ili spali. Odbačeni plastični otpad akumuliran na kopnenim izvorima, poljoprivrednom zemljištu, stajaćim vodnim tijelima i otpadnim vodama/mulju, nalazi svoj put u rijeke. Procjenjuje se oko 70-80% plastičnog otpada iz kopnenih izvora. Razgradnja ovog plastičnog otpada tijekom vremena djelovanjem valova i vjetrova rezultira stvaranjem mikroplastike.

### 3. MIKROPLASTIKA

Manji fragmenati plastike koji se smatraju mikroplastikom (MP) su čestice  $< 5$  mm duljine [3]. MP se mogu prenositi vjetrom i vodenim tokovima zbog male težine. Oborine, površinsko otjecanje, infiltracija i riječni transport mogli bi biti glavni putevi koji prenose plastiku s kopna u vodu. Do danas, mikroplastika su sveprisutne čestice pronađene u vodenim i kopnenim ekosustavima zbog čega su postale globalni ekološki problem. Ove mikroplastične čestice mogu biti različitih oblika poput fragmenata, kuglica i vlakana.

Na razgradnju makroplastike u (sekundarnu) mikroplastiku uvelike utječu čimbenici okoliša, kao što su sunčeva svjetlost, temperatura, zrak/kisik. Utjecaj ovih čimbenika ukazuje na to da se proces razgradnje razlikuje od mjesta do mjesta, kao i da različite lokacije imaju različita ekološka obilježja [4].

Visoka pH vrijednost rezultira smanjenom sorpcijom određenih tvari na površini mikroplastike, dok niska pH vrijednost ima suprotan učinak. Ovo se objašnjava interakcijom hidroksidnih iona ( $\text{OH}^-$ ) s ionskim oblicima onečišćenja, što utječe na njihovo sorpcijsko ponašanje.

Ionska jakost okoliša utječe na sorpciju mikroplastike. Povećanje ionske jakosti može smanjiti sorpciju, jer dovodi do skupljanja mikroplastičnih čestica i smanjenja broja adsorpcijskih mjesta. Sunčevo zračenje može razbiti veze u polimerima mikroplastike, povećavajući njihovu površinu i veličinu pora. To rezultira većom adsorpcijom organskih tvari na mikroplastiku. Temperatura i salinitet okoliša igraju značajnu ulogu u interakciji mikroplastike s kontaminantima. Povećanje temperature povećava pokretljivost i topljivost molekula, što olakšava sorpciju mikroplastike. Međutim, važno je napomenuti da ekstremno visoke temperature mogu smanjiti površinsku napetost i smanjiti sposobnost mikroplastike da zadrži kontaminante.

Salinitet, odnosno udio soli u vodi, također ima značajan utjecaj. Povećanje saliniteta može povećati kapacitet sorpcije kontaminanata na mikroplastici. To znači da mikroplastika u morskom okolišu može postati prijenosnik kontaminanata u površinske i podzemne vode.

Važno je napomenuti da ovaj kompleksan sustav interakcija ovisi o različitim čimbenicima, uključujući vrstu kontaminanta i druge okolišne uvjete. Konkurencija za sorpcijska mjesta na

mikroplastici ključna je za razumijevanje ovih interakcija. Salinitet također mijenja način na koji se mikroplastika aglomerira, što dodatno utječe na njihova svojstva povezana s veličinom i površinom [3].

#### 4. MIKROPLASTIKA U VODI

Mikroplastika je sveprisutna u okolišu i identificirana je u različitim medijima, uključujući morsku vodu, otpadnu vodu, slatku vodu, hranu, zrak i pitku vodu, uključujući izvore flaširane i vode iz slavine. Pojava mikroplastike u morskom okolišu naširoko je poznata i dokumentirana i na to utječu mnogi faktori (Slika 2). Izvori mikroplastike u vodi su različiti i mogu potjecati od raznih ljudskih aktivnosti i procesa u okolišu. Prvi primjer koji se navodi je da su neki proizvodi za održavanje higijene, poput pilinga i pasta za zube, sadržavali mikrozrnca od plastike. Ova mikrozrnca mogu se isprati u odvođe i ući u sustave za pročišćavanje otpadnih voda. Druga stvar koja može zagaditi okoliš su mikrovlakna iz automobilskih guma. Kako se automobilske gume s vremenom troše, otpuštaju mikrovlakna napravljena od sintetičke gume u okoliš. Boje koje sadrže plastične komponente mogu se s vremenom razgraditi na čestice mikro veličine kada su izložene uvjetima okoline poput sunčeve svjetlosti i vlage. Te čestice mogu na kraju ući u vodena tijela. Veći plastični predmeti kao što su plastične vrećice, pjenasta ambalaža i druga jednokratna plastika mogu se razgraditi u manje čestice mikroplastike kada su izloženi stresnim faktorima iz okoliša. Uvođenje mikroplastike u slatkovodne okoliše događa se na nekoliko načina:

1. Otjecanje iz kopnenih izvora: Plastični otpad s kopnenih površina može se prenositi u slatke vode putem oborinskih voda, erozije i sličnih procesa.

2. Otpadne vode iz kanalizacije: Otpadne vode koje sadrže mikroplastiku iz domaćinstava i industrije mogu završiti u slatkovodnim okolišima putem kanalizacijskih sustava.

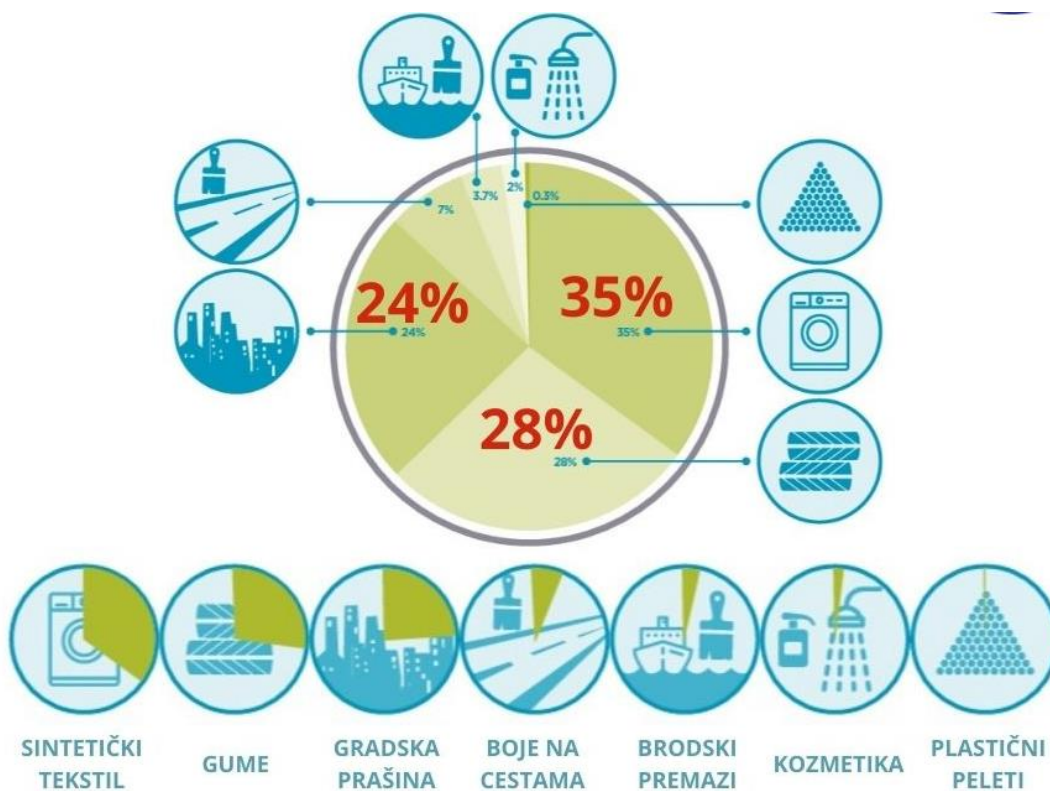
3. Npropisno rukovanje s plastičnim otpadom: Nepravilno odlaganje i zbrinjavanje plastičnog otpada može rezultirati njegovim dospijanjem u slatkovodna tijela. U izvorima slatke vode, učestalost mikroplastičnih čestica po vrsti polimera općenito je usklađena s količinama proizvodnje plastike i gustoćom plastike.



Slatka voda predstavlja ključni izvor sirove vode koji se koristi u poljoprivredi, industriji, proizvodnji energije i ljudskoj potrošnji. Glavni izvori za pitku vodu obuhvaćaju površinske slatke vode poput rijeka, jezera i akumulacija, kao i podzemne vode. Nažalost, ovi izvori sirove vode često su izloženi onečišćenju uslijed poljoprivrednih i industrijskih aktivnosti.

Dobavljači vode koji se oslanjaju na otpadnu vodu ili površinsku vodu kao svoj izvor sirove vode mogu biti značajno pogođeni mogućom prisutnošću mikroplastičnih čestica. Iako veće čestice mikroplastike vjerojatno će se zadržati tijekom različitih procesa obrade vode, poput membranske filtracije, filtracije medijem, bankovne filtracije, umjetnog punjenja ili prolaska kroz podzemne slojeve, nedostaju podaci o ponašanju iznimno malih mikroplastičnih čestica u slatkovodnim sustavima. Jedinstvena površinska svojstva i naboj mikroplastike, u usporedbi s prirodnim česticama i ostacima, čine njihovo uklanjanje izuzetno složenim u konvencionalnim studijama uklanjanja čestica. Treba napomenuti i zabrinutost vezanu uz brzu kolonizaciju mikroorganizama na mikroplastičnim česticama, što je opaženo u morskom okolišu.

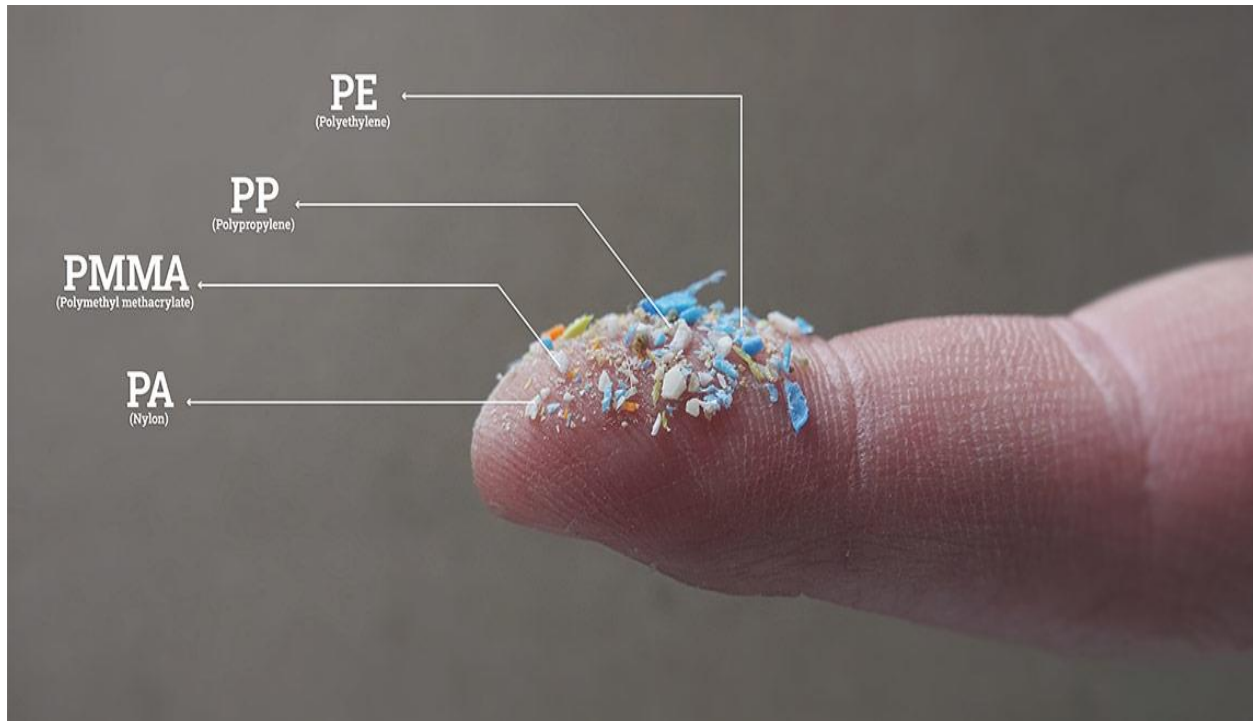
Trenutno ne postoje sveobuhvatne studije o mikroplastici u izvorima sirove vode, njenom ponašanju tijekom procesa obrade pitke vode i potencijalnoj prisutnosti u samoj pitkoj vodi što je trenutno potrebno kako bi čovjek bolje razumio utjecaj mikroplastike na javne vodoopskrbe.



Slika 2. Izvor mikroplastike u vodi

Postoji vrlo malo sveobuhvatnih studija/izvješća o pojavi mikroplastike u pitkoj vodi [2]. S obzirom na aspekte zdravlja ljudi, pitka voda jedan je od najvažnijih izvora putem kojeg se mikroplastika može unijeti u organizam. Stoga je potrebno razumjeti različite okolišne i fizikalno-kemijske čimbenike koji mogu utjecati na transport mikroplastike i moguće zdravstvene učinke mikroplastike koja se nalazi u pitkoj vodi. Štoviše, ograničeni dostupni dokazi sugeriraju da neka mikroplastika pronađena u pitkoj vodi može potjecati iz sustava za obradu i distribuciju vode iz slavine i procesa punjenja flaširane vode.

#### 4.1. Polimeri u vodi



*Slika 3. Prikaz polimera*

Veličina, oblik i tip polimera karakteristike su mikroplastike koje mogu utjecati na način na koji se transportiraju u vodi i mogu utjecati na toksičnost i učinkovitost obrade pitke vode. Polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), najlon (PA), polivinil klorid (PVC), celulozni acetat (CA), termoplastični poliester (PET), pjenasti polistiren (Slika 3.) bili su polimeri koji su najčešće otkriveni. Praćenje izvora i transporta mikroplastike u okolišu predstavlja složen zadatak koji zahtijeva dublje razumijevanje procesa. Ključni faktori koji utječu na transport i distribuciju mikroplastike u slatkovodnim okolišima uključuju njihova inherentna svojstva, kao što su gustoća, veličina i oblik.

Formiranje biofilma na površini mikroplastike također može utjecati na njenu gustoću i ponašanje u vodi. Biofilm je sloj mikroorganizama koji se razvija na površini plastike i može promijeniti njenu sposobnost potonuća ili plutanja.

Iako postoji mnogo različitih oblika i vrsta mikroplastike te različiti putevi putem kojih dospijeva u slatkovodni okoliš, precizno identificiranje i kvantificiranje svih izvora mikroplastike u ovim okolišima predstavlja izazov. Unatoč ovim izazovima, općenito se primjećuje da su

koncentracije mikroplastike veće u područjima blizu gusto naseljenih urbanih središta. To ukazuje na to da urbanizacija i ljudska aktivnost mogu značajno doprinijeti prisutnosti mikroplastike u slatkovodnim okolišima.

## **5. MIKROPLASTIKA U FLAŠIRANOJ VODI I UTJECAJ NA ČOVJEKA**

Voda za piće je ključna za ljudsko zdravlje, a dosadašnji podaci pokazuju da su najveće prosječne koncentracije mikroplastike pronađene u jednokratnim PET plastičnim bocama, pročišćenoj vodi i vodi iz slavine. Ovo podrazumijeva potencijalne rizike za ljude jer prosječna dnevna konzumacija vode za održavanje zdravlja zahtijeva unos više od 2,2 do 2,3 litre vode za muškarce i žene. Utvrđeno je da voda iz istog izvora pokazuje više mikroplastike kada je pakirana u plastične boce, u usporedbi s onom pakiranom u staklene boce. Polipropilen je najčešća vrsta mikroplastike koja se nalazi u flaširanoj vodi.

Nakon što mikroplastika dospije u ljudsko tijelo, postoji potencijal za negativne učinke na zdravlje. Mikroplastika može izazvati oksidativni stres i pridonijeti oštećenju tkiva te kroničnoj upali [3]:

Mikroplastika može utjecati na zdravlje na tri načina:

- (1) same čestice, jer su male i mogu se lako progutati/udahnuti;
- (2) razne kemikalije koje su prisutne u mikroplastici kao što su apsorbirani dijelovi, aditivi
- (3) mikroorganizmi koji se vežu za mikroplastiku i koloniziraju je te rezultiraju stvaranjem biofilma.

Prisutnost mikroplastike u pitkoj vodi i njihove moguće implikacije na ljudsko zdravlje područja su koja izazivaju sve veću zabrinutost. Ljudska izloženost mikroplastici može se dogoditi različitim putevima, uključujući kontaminiranu vodu za piće, konzumaciju hrane i pića, plodova mora, meda, šećera, soli i prehrambenih artikala omotanih u plastiku. Te čestice mogu ući u tijelo gutanjem. Dok se dio unesene mikroplastike može izlučiti putem urina, žuči ili stolice, mnogi se odupiru razgradnji. Brzina eliminacije ovisi o čimbenicima kao što su veličina čestica, oblik, vrsta polimera i pridruženi dodaci. Mikroplastika se može akumulirati u sekundarnim organima nakon prijenosa iz crijeva, što potencijalno dovodi do opstrukcije tkiva.

Mikroplastika se može premjestiti iz crijeva različitim mehanizmima, kao što je adsorpcija na sluz putem specijaliziranih stanica ili paracelularni prijenos kroz crijevni epitel. Utjecaj

mikroplastike na ljudsko zdravlje može varirati ovisno o karakteristikama izloženosti i individualnoj osjetljivosti. Preliminarna istraživanja sugeriraju moguće učinke na zdravlje, uključujući upalu, genotoksičnost, oksidativni stres, oštećenje stanica i tkiva, fibrozu, pa čak i karcinogenezu. Zabilježena je toksičnost specifična za gastrointestinalni sustav, jetru, reproduktivni sustav i neurološki sustav. Također, mikroplastika apsorbira razne metale što može dovesti do štetnih utjecaja na zdravlje povezanih s tim toksičnim elementima. Ukratko, prisutnost mikroplastike u različitim aspektima našeg svakodnevnog života i njezina mogućnost nakupljanja u tijelu, zajedno s kemikalijama i zagađivačima koje mogu nositi, izazivaju zabrinutost. Dostupni dokazi sugeriraju da bi mikroplastika mogla imati negativne učinke na ljudsko zdravlje, naglašavajući važnost smanjenja onečišćenja plastikom.

## **6. STRATEGIJE SANACIJE**

Budući da se plastični proizvodi široko koriste u svakodnevnom životu, način prihvaćanja kontaminanata u vodenom okolišu je složeniji. Daljnja istraživanja o mikroplastici u pitkoj vodi trebala bi se usredotočiti na sljedeće [6]:

1) Uspostavljanje politike i propisa za kontrolu izvora onečišćenja mikroplastikom i povećanje razumijevanja javnosti o mikroplastici (Edukacija javnosti o problemima mikroplastike također igra značajnu ulogu u podizanju svijesti i poticanju na odgovorno ponašanje u vezi s plastikom.)

2) Strogo nadziranje ispuštanja mikroplastične otpadne vode iz relevantnih poduzeća i nadogradnja ili razvoj opreme za uklanjanje odnosno čišćenje mikroplastike u pitkoj vodi, potrebno je ulagati u nadogradnju ili razvoj učinkovitih tehnologija za uklanjanje mikroplastike iz otpadnih voda kako bi se smanjila kontaminacija pitke vode.

3) Jačanje ekoloških mjera onečišćenja mikroplastikom u tipičnim područjima;

4) Korištenje više biorazgradivih materijala, kao što su škrob, celuloza i lignin, za proizvodnju plastike

5) Epidemiološkim metodama procjena mogućih rizika od izlaganja mikroplastici kontaminiranoj vodi za piće. Rješavanje problema vezanih uz mikroplastiku zahtijeva suradnju

različitih disciplina, uključujući znanost, tehnologiju, inženjering, i društvene znanosti kako bi se premostio jaz u znanju i razumjela složenost faktora koji utječu na prisutnost mikroplastike u vodama.

### **6.1. Dezinfekcija**

Dezinfekcija je učinkovita metoda za uništavanje patogenih mikroorganizama u vodi i sprječavanje širenja bolesti. Dezinfekcija je obično posljednji korak obrade tijekom obrade vode za piće. Dezinfekcija vode je nužan korak u osiguranju sigurnosti pitke vode, uništavajući opasne mikroorganizme i sprečavajući širenje bolesti. No, mikroplastika, prisutna u vodi, može komplicirati ovu ključnu fazu obrade vode.

Kloriranje, ozonizacija i ultraljubičasto zračenje su česte metode dezinfekcije. Kloriranje, primjerice, uništava bakterije inhibirajući njihove enzime. No, problem se pojavljuje kada mikroskopske čestice, uključujući mikroplastiku, zadrže klor što dovodi do toga da štite bakterije. Slično, ozonizacija, koja može ubiti otporne mikroorganizme, također može interagirati s mikroplastikom, smanjujući učinkovitost.

Ultraljubičasto zračenje može uništiti DNA i neaktivne patogene mikroorganizme, međutim postojanje suspendiranih čestica štiti mikroorganizme od oštećenja ultraljubičastim zračenjem i dezinfekcije [3]. Stoga mikroplastika može smanjiti učinkovitost procesa ultraljubičaste dezinfekcije.

Unatoč ograničenim informacijama o prisutnosti i ponašanju mikroplastike u vodi za piće, usporedbom sličnosti predviđa se da će utjecaj mikroplastike na proces dezinfekcije vode za piće biti štetan te su potrebna daljnja istraživanja.

### **6.2. Kontrola izvora**

Trenutno su neki nacionalni zakoni i propisi već stupili na snagu kako bi se smanjilo ispuštanje mikroplastike. Mnoge su zemlje uvele ograničenja na korištenje jednokratnih plastičnih vrećica. Na primjer, od 2008. Kina je već zabranila proizvodnju, prodaju i korištenje plastičnih vrećica za kupnju debljine manje od 0,025 mm u cijeloj zemlji. Istodobno je uveden sustav plaćanja plastičnih vrećica u supermarketima, trgovačkim centrima i tržnicama. Nedavno je

Europska unija u priopćenju za javnost predložila europsku plastičnu strategiju kao dio prijelaza na kružno gospodarstvo [5].

Prema novom planu, potrošnja jednokratne plastike smanjit će se, a sva plastična ambalaža moći će se reciklirati na tržištima Europske unije do 2030. Osim toga, plastične mikrokuglice zabranjene su za upotrebu u proizvodima za osobnu njegu u mnogim zemljama jer su važan potencijalni izvor primarne mikroplastike u vodenom okolišu.

## **7. ISTRAŽIVANJE NOVIH RJEŠENJA**

Glavni problem povezan s učinkom mikroplastike na učinkovitost obrade pitke vode je nedostatak znanja o njezinim svojstvima u vodi [6]. Većina tehnika obrade pitke vode nije modificirana kako bi se smanjio učinak mikroplastike. Posljedično, moraju se razviti novi pristupi za istraživanje i sprječavanje utjecaja mikroplastike na njihovu izvedbu. Osim toga, u stvarnom procesu pročišćavanja, zbog različitih uvjeta kvalitete vode, postupak pročišćavanja vode i učinak također su različiti. Mehanizam uklanjanja mikroplastike može se opisati korištenjem odgovarajućih teorijskih modela i metoda numeričke simulacije kako bi se predvidjela promjena mikroplastike tijekom obrade vode i pružile smjernice za akademska istraživanja i praktičnu proizvodnju. Stoga je sve veće znanje o mikroplastici ključno za kontrolu njezina učinka na procese obrade vode.

Unatoč tome što potencijalni zdravstveni rizik mikroplastike za ljude još nije u potpunosti potvrđen, njezina pojava u pitkoj vodi ne bi se trebala zanemariti. Trenutačno je istraživanje o uklanjanju mikroplastike u procesu obrade pitke vode još uvijek relativno malo. Budući da tradicionalne tehnologije obrade nisu dizajnirane za uklanjanje mikroplastike kao takve, postavlja se pitanje može li odgovarajuća prilagodba ovih tehnologija na zadovoljavajući način ukloniti mikroplastiku ili je potrebno razviti nove tehnologije.

## **8. ZAKLJUČAK**

Mikroplastika se sve više pojavljuje u vodi, tlu i zraku, te čak i u proizvodima koji su namijenjeni ljudskoj prehrani. Njezini učinci na žive organizme i okoliš su štetni, uključujući smanjenje sposobnosti hranjenja, nakupljanje toksičnih spojeva u tkivima, oksidativni stres, smanjen rast populacija, endokrini poremećaji, oštećenja živčanog sustava i druge štetne posljedice. Jedan od izazova u vezi s mikroplastikom je njezina mala veličina, što otežava uzimanje uzoraka, analizu i uklanjanje iz okoliša. Postoje različite metode za uklanjanje mikroplastike, Osvješčivanje javnosti i promjena navika prema smanjenju otpada i pravilnom gospodarenju njime također su ključni koraci u rješavanju ovog problema. Glavni problem povezan s učinkom mikroplastike na učinkovitost obrade pitke vode je nedostatak znanja o njezinim svojstvima u vodi. Većina tehnika obrade pitke vode nije modificirana kako bi se smanjio učinak mikroplastike. Posljedično, moraju se razviti novi pristupi za istraživanje i sprječavanje utjecaja mikroplastike na njihovu izvedbu.



## LITERATURA

Backhaus, T., & Wagner, M. (2020). Microplastics in the environment: Much ado about nothing? A debate. *Global Challenges*, 4(6), 1900022. [1]

Eerkes-Medrano, D., Leslie, H. A., & Quinn, B. (2019). Microplastics in drinking water: A review and assessment. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 7, 69-75. [2]

Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A., & De Donno, A. (2022). Occurrence of microplastics in tap and bottled water: Current Knowledge. *International journal of environmental research and public health*, 19(9), 5283. [3]

Marsden, P., Koelmans, A. A., Bourdon-Lacombe, J., Gouin, T., D'Anglada, L., Cunliffe, D. i De France, J. (2019). *Microplastics in drinking water*. World Health Organization. [4]

Novotna, K., Cermakova, L., Pivokonska, L., Cajthaml, T., & Pivokonsky, M. (2019). Microplastics in drinking water treatment—current knowledge and research needs. *Science of the total environment*, 667, 730-740. [5]

Oßmann, B. E. (2021). Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions. *Current Opinion in Food Science*, 41, 44-51. [6]

Singh, S., Trushna, T., Kalyanasundaram, M., Tamhankar, A. J., & Diwan, V. (2022). Microplastics in drinking water: a macro issue. *Water Supply*, 22(5), 5650-5674. [7]

## PRILOZI

Slika 1. Spektar korištenja plastike u svakodnevnom životu

Slika 2. Izvor mikroplastike u vodi

Slika 3. Prikaz polimera