



MIKROPLASTIKA V VODNIH OKOLJIH NA OBMOČJU CELJA

RAZISKOVALNA NALOGA

PODROČJE: EKOLOGIJA

Avtorice: Brina Lamut, Glorija Lesjak, Julija Lesjak

Mentorica: Andreja Randl

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2025

KAZALO

Vsebina

KAZALO	3
KAZALO GRAFOV	4
KAZALO TABEL	4
KAZALO SLIK	4
ZAHVALA	5
POVZETEK	6
ABSTRACT	7
UVOD	8
TEORETIČNE OSNOVE	9
KAJ JE MIKROPLASTIKA?	9
NASTANEK MIKROPLASTIKE	10
PROBLEMATIČNOST MIKROPLASTIKE	10
RAZŠIRJENOST	12
UČINEK NA ORGANIZME	13
OZAVEŠČENOST LJUDI O MIKROPLASTIKI	15
ANALIZA VZORCEV	15
PRAKTIČNI DEL	17
OPREDELITEV PROBLEMA	17
RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	17
HIPOTEZE	18
METODA IN RAZISKOVALNI PRISTOP	18
OPIS POSTOPKA ZBIRANJA PODATKOV	19
REZULTATI ANKETE	19
EKSPERIMENTALNI DEL	24
RAZPRAVA	28
SKLEP	28
VIRI	30
VIRI SLIK	31
PRILOGA	32
ANKETNI VPRAŠALNIK O MIKROPLASTIKI	32

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Grafični prikaz odstotka udeležencev po spolu	19
Graf 2: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali si že kdaj slišal/-a za pojem mikroplastika?.....	20
Graf 3: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali veš, kaj pomeni pojem mikroplastika?.....	21
Graf 4: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali meniš, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?	22
Graf 5: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali meniš, da mikroplastika predstavlja grožnjo tvojemu zdravju?.....	23
Graf 6: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Kako bi se odzval/-a, če bi ugotovil/-a, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?.....	24

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prikaz rezultatov štetja delcev med mikroskopiranjem	25
Tabela 2: Izračunano število delcev v 3 litrih vzorca vode ter v 1 litru vzorca	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Delci mikroplastike (Murphy, M. (2025) Microplastics a growing challenge to health and the environment. Pridobljeno s: https://hsph.harvard.edu/news/microplastics-a-growing-challenge-to-health-and-the-environment/).	9
Slika 2: Plastika se razgradi le na manjše delčke (Microplastics update: health impacts and warnings over food and water (2022). PUREH2O. Pridobljeno s: https://pureh2o.co.uk/microplastics-update-health-impacts-and-warnings-over-food-and-water/).	11
Slika 3: Biofilm na delcih mikroplastike (OpenAI ChatGPT. (17. 1. 2025). [biofilm na delcih mikroplastike]. https://chat.openai.com/).	13
Slika 4: Delci plastike se nabirajo v organizmih (Thompson, Andrea (2018). From Fish to Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking a Toll. Scientificamerican. Pridobljeno s: https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/).	14
Slika 5: Vzorčenje in analiza vodnih vzorcev (OpenAI ChatGPT. (10. 1. 2025). [vzorčenje in analiza mikroplastike v vodnih vzorcih]. https://chat.openai.com/).	16
Slika 6: Mikroskopska slika delcev v reki Hudinji.....	25
Slika 7: Mikroskopska slika večjega delca v reki Hudinji	26
Slika 8: Mikroskopska slika delcev v ribniku v Lahovni	26
Slika 9: Mikroskopska slika večjega delca v vodovodni vodi.....	27
Slika 10: Mikroskopska slika delcev v vodovodni vodi.....	27

ZAHVALA

Rade bi se zahvalile naši mentorici, ki nas je ves čas spodbujala, nam dajala predloge in nas usmerjala pri raziskovalnem delu.

Zahvaljujemo se tudi svojim staršem za vso spodbudo in ker ves čas verjamejo v nas.

POVZETEK

Naša raziskovalna naloga se osredotoča na onesnaženost z mikroplastiko na območju Celja. Glavni cilj raziskovalne naloge je bil ugotoviti, ali se v vodah na območju Celja nahajajo tudi delci mikroplastike in koliko so učenci naše osnovne šole ozaveščeni o njej.

V okviru raziskovalne naloge smo izvedli terensko delo, pri katerem smo odvzele vzorce različnih vod na območju Celja (reke Hudinje, ribnika v Lahovni, Šmartinskega jezera, reke Savinje in vodovodne vode iz naše osnovne šole), analizo vzorcev s pomočjo filtriranja in mikroskopiranja ter anketni vprašalnik za učence višje stopnje naše osnovne šole, s pomočjo katerega smo odkrivale ozaveščenost naših učencev o mikroplastiki.

Naši rezultati eksperimentalnega dela kažejo, da je mikroplastika prisotna v vseh analiziranih vodah na območju Celja, vendar pa nismo povsem prepričane, da so vsi delci res delci mikroplastike. Rezultati ankete pa kažejo na to, da večina učencev že pozna pojem mikroplastika, vendar manj kot polovica natančno ve, kaj pomeni. Učenci se zavedajo prisotnosti mikroplastike v svojem okolju in menijo, da predstavlja grožnjo njihovem zdravju, vendar pa so precej ravnodušni do tega dejstva.

Ključne besede: mikroplastika, voda, Celje, ozaveščenost

ABSTRACT

Our research project focuses on microplastic pollution in the Celje area. The main goal of the research was to determine whether microplastic particles are present in the waters of Celje and how aware our elementary school students are of microplastics.

As part of our research, we conducted fieldwork, collecting water samples from different locations in Celje (the Hudinja River, pond in Lahovna, Smartinsko Lake, the Savinja River, and tap water from our school). We analyzed the samples using filtration and microscopy and conducted a survey among upper-grade students to assess their awareness of microplastics.

Our experimental results show that microplastics are present in the waters of Celje and that still waters are more polluted than flowing waters. However, we are not entirely sure that all the particles we found are actually microplastics. The survey results indicate that most students have heard of microplastics, but less than half know exactly what the term means. Students are aware of microplastics in their environment and believe they pose a threat to their health, but they remain fairly indifferent to this fact.

Keywords: microplastics, water, Celje, awareness

UVOD

Mikroplastika predstavlja eno izmed največjih okoljskih težav sodobnega časa. Gre za drobne delce plastike, manjše od pet milimetrov, ki nastajajo zaradi razgradnje večjih plastičnih odpadkov ali pa so že namenoma izdelani v tako majhni obliki, na primer delci v kozmetičnih izdelkih. Zaradi svoje majhnosti mikroplastika zlahka vstopa v naravne ekosisteme, predvsem v vodna okolja, kjer jo zaužijejo različni vodni organizmi. Posledično se kopiči v prehranjevalni verigi, kar lahko negativno vpliva tako na živali kot tudi na zdravje ljudi.

V sklopu naše raziskave smo se osredotočili na prisotnost mikroplastike v vodnih območjih na območju Celja. Za pridobitev podatkov smo izvedli terensko delo, v okviru katerega smo filtrirali vzorce vode z različnih lokacij in jih nato analizirali s pomočjo mikroskopa. Tako smo ugotavljali prisotnost in morebitno količino mikroplastike v teh vodnih sistemih.

Poleg eksperimentalnega dela smo izvedli tudi anketno raziskavo med učenci višjih razredov ene izmed celjskih osnovnih šol. Z anketnim vprašalnikom smo preverili njihovo poznavanje pojma mikroplastika ter ugotavljali, ali jih morebitna prisotnost mikroplastike v okolju skrbi. Na ta način smo želeli raziskati tudi stopnjo ozaveščenosti mladih o tem vedno bolj perečem problemu.

Pri raziskovalni nalogi smo si postavili več hipotez:

1. V celjskih vodah bomo našli mikroplastiko.
2. V stoječih vodah bomo našli več mikroplastike kot v tekočih.
3. Mikroplastiko bomo našli tudi v pitni vodovodni vodi, vendar v bistveno manjšem obsegu kot v rekah in jezerih.
4. Večina učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole je že slišala za pojem mikroplastika in pozna njegov pomen.
5. Večina učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole misli, da se mikroplastika ne nahaja v vodah na območju Celja.
6. Večina učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole misli, da mikroplastika ne predstavlja grožnje njihovemu zdravju.
7. Večini učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole bi bilo vseeno, če bi ugotovili, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja.

TEORETIČNE OSNOVE

KAJ JE MIKROPLASTIKA?

Mikroplastika je kakršenkoli sintetični trdni delec, ki ima običajno ali neobičajno obliko in velikost med 1 μm do 5 mm, ne glede na to ali ima primaren ali sekundaren izvor in je netopen v vodi (Frias in Nash, 2019).

Glede na izvor delcev ločimo: primarno in sekundarno mikroplastiko. Pod primarno mikroplastiko štejemo delce, ki so namensko proizvedeni v mikroskopski velikosti (na primer mikroperle v kozmetiki). Pod sekundarno mikroplastiko pa štejemo delce, ki nastanejo zaradi razgradnje večjih plastičnih odpadkov (GESAMP, 2016). Primarna mikroplastika se neposredno izpira v vode. Vsako leto naj bi v morju pristalo kar 1,5 milijona ton mikroplastike. Sekundarna mikroplastika pa nastane z razpadom plastike pod vplivom ultravijoličnega sevanja ter drugih fizikalnih, kemijskih in mehanskih dejavnikov. Nabira se že desetletja in nikoli ne izgine (Zveza potrošnikov Slovenije, 2019).

Glede na obliko ločimo: fragmente, filme, vlakna, pene, granule in pelete (Kovač Viršek, 2020).



Slika 1: Delci mikroplastike (Murphy, M. (2025) *Microplastics a growing challenge to health and the environment*. Pridobljeno s: <https://hsph.harvard.edu/news/microplastics-a-growing-challenge-to-health-and-the-environment/>).

NASTANEK MIKROPLASTIKE

Mikroplastika nastaja zaradi mehanskih, kemijskih in bioloških procesov razgradnje plastike v okolju. Glavni viri mikroplastike vključujejo:

- Industrijske dejavnosti (proizvodnja in predelava plastike, abrazivni materiali)
- Večina mikroplastike pride v okolje iz gospodinjstev (uporaba kozmetičnih izdelkov, čistilnih sredstev), pralni stroji so največji onesnaževalci, saj sintetična oblačila med pranjem sproščajo mikrovlakna, ki skozi odpadne vode vstopajo v vodne sisteme (Ratej, 2023).
- Promet (obraba avtomobilskih gum, cestni prah in cestne označbe)
- Odlaganje odpadkov in neustrezno ravnanje s plastiko (Thompson in drugi, 2004).

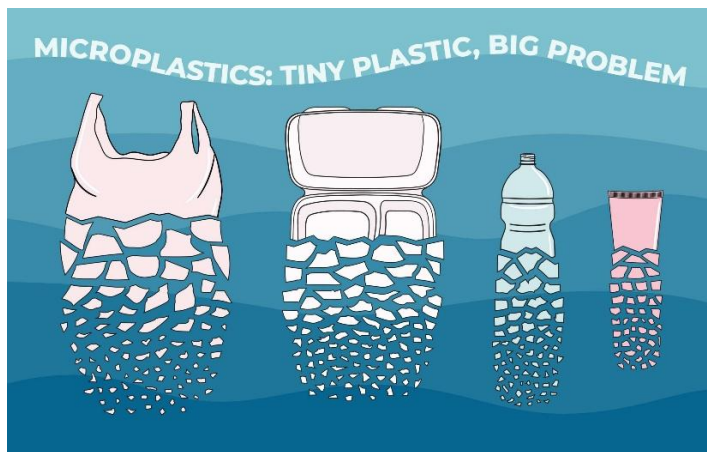
Razgradnja plastike v naravi poteka več desetletij ali celo stoletij, da razpade do velikosti mikroplastike, kar pomeni do velikosti največ 5 mm. Čeprav so delci lahko zelo majhni (merjeni tudi v nanometrih), osnovni material nikoli ne izgine in vsebuje neužitne ter neprebavljive kemične spojine (Zveza potrošnikov Slovenije, 2019).

PROBLEMATIČNOST MIKROPLASTIKE

Onesnaženost s plastiko je eden izmed najbolj perečih problemov v današnjem času. Plastika je postala zelo uporaben material, ki se ga uporablja v vseh mogočih izdelkih, ker je lahka, poceni in ima dolgo vzdržljivost. V zadnjih 35 letih so znanstveniki ugotovili, da ima plastika slabe učinke na okolje, saj se ne razgradi na biorazgradljive molekule ampak le na zelo majhne delčke, ki onesnažujejo vodne ekosisteme (Blettler in Wantzen, 2019).

Razgradnja plastike je dolgotrajen proces. Najprej plastika razpade v mikroplastiko in to povzroča onesnaževanje v rekah in oceanih. Mikroplastika je bila najdena že na najvišji in najnižji točki sveta. Ne samo da onesnažuje okolje, ampak zaradi nje pogine tudi ogromno živali (Radić, 2022).

Ocene iz leta 2015 predvidevajo, da bo do leta 2050 v morjih več plastike kot rib, saj je takrat vanj letno vstopilo od 4,8 do 12,7 milijona ton plastičnih odpadkov. V letošnjem letu (2025) naj bi bilo na vsake tri tone rib ena tona plastike (Ratej, 2023).



Slika 2: Plastika se razgradi le na manjše delčke (Microplastics update: health impacts and warnings over food and water (2022). PUREH2O. Pridobljeno s: <https://pureh2o.co.uk/microplastics-update-health-impacts-and-warnings-over-food-and-water/>).

Mikroplastika predstavlja večplastno težavo za okolje:

- Dolgotrajna obstojnost: plastika se zelo počasi razkrajaja, kar pomeni, da se akumulira v ekosistemih.
- Prenos toksičnih snovi: mikroplastika adsorbira škodljive kemikalije, ki lahko prehajajo v organizme (Rochman in drugi, 2013).
- Vpliv na organizme: mikroplastiko zaužijejo različni vodni organizmi, kar lahko povzroča fiziološke in vedenjske spremembe.

Zadnjih nekaj let je nekaj študij poročalo o prisotnosti mikroplastike v pitni in ustekleničeni vodi, kar je sprožilo vprašanja in skrbi o vplivu mikroplastike na zdravje ljudi. Mikroplastiko so zaznali že tako v morski vodi, kot tudi v odpadnih vodah, sveži vodi, hrani, zraku, pitni vodi – tako ustekleničeni kot tudi v tekoči vodi iz pipe (World Health Organization, 2019).

Mikroplastika vpliva na zdravje ljudi na tri načine, to je kemijsko, fizično in mikrobiološko. Mikroplastika ni le problematična za zdravje organizmov, ampak tudi za ohranjanje ravnovesja v okolju. Primer: število odraslih vodnih bolh, izpostavljenih mikroplastiki, se zelo zmanjša, kar vpliva na celoten ekosistem, saj so pomembni člani v prehranjevalni verigi (Kovač Viršek, 2019). Nekateri anaerobni organizmi bolje uspevajo v prisotnosti mikroplastike, zato nastaja več metana, ki je toplogredni plin. Zaradi mikroplastike nastajajo spremembe v zadrževanju vode, spremeni se pH tal ter pride do spremembe mikrobne združbe, kar negativno vpliva na rast rastlin (Ratej, 2023).

RAZŠIRJENOST

Mikroplastika je prisotna vsepovsod. Najdemo jo v morskih, sladkovodnih in kopenskih sistemih, kjer je v stiku z najrazličnejšimi organizmi (Kozoderc, 2022).

Glavni viri plastičnega onesnaževanja morij in oceanov so reke (Kozoderc, 2022).

V blatu iz čistilnih naprav, izcedni vodi in sedimentih ob izpustih iz čistilnih naprav se nalagajo večje količine sintetičnih vlaken. Čistilne naprave več kot 90 % mikroplastike zadržijo v aktivnem blatu, vendar se iz teh večje količine mikroplastike sproščajo v vodotoke, kar so potrdili tudi v Sloveniji. Količine mikroplastike se v vodotokih za iztoki čistilnih naprav povečajo kar za nekajkrat. Kljub temu pa čistilne naprave niso vir mikroplastike, ampak zbirne točke, saj bi brez njih imeli okoljsko katastrofo (Ratej, 2023).

V sladkih vodah so bili najdeni delci različnih oblik in velikosti. Najpogosteje najdene oblike so fragmenti in vlakna. Najpogosteje zaznana polimera sta polietilen tereftalat (PET) in polipropilen (PP) (World Health Organization, 2019).

Mikroplastika vstopa v sladkovodna okolja na več načinov: predvsem z odtekanjem s površin in izpusti odpadnih voda, pa tudi s kanalizacijo, industrijskimi izpusti, razgrajenimi plastičnimi odpadki. Del mikroplastike, ki jo najdemo v pitni vodi, izhaja tudi iz sistemov za obdelavo in distribucijo vode iz pipe ali embaliranja ustekleničene vode (World Health Organization, 2019).

Mikroplastike ne najdemo samo v vodah, ampak tudi v hrani (našli so jo v medu in pivu) ter zraku. Ta z vetrom potuje po atmosferi in s padavinami pade na tla. Velike količine mikroplastike so v snegu, tako na Arktiki kot v Alpah. Znanstveniki predvidevajo, da mikroplastika z vetrom lahko prepotuje velike razdalje (Kovač Viršek, 2019).

Na območju Celja so potencialni viri mikroplastike industrijski izpusti, komunalne odplake in cestni prah. V Sloveniji so bile že izvedene nekatere raziskave, ki so potrdile prisotnost mikroplastike v rekah in jezerih. Največje onesnaženje je bilo zaznано v bližini urbanih središč in industrijskih območij (Milenković in drugi, 2020).

UČINEK NA ORGANIZME

Tveganje za zdravje ljudi zaradi mikroplastike v pitni vodi je odvisno tako od nevarnosti kot tudi od izpostavljenosti. Nevarnost lahko predstavljajo sami delci, kemikalije, ki so jih delci absorbirali iz okolja ali mikroorganizmi, ki se pritrdijo na mikroplastiko in na njej tvorijo biofilme (World Health Organization, 2019). S tem nastane nov ekosistem, ki ga imenujemo plastisfera. V biofilmih lahko sobivajo različni mikroorganizmi, med drugimi tudi patogeni mikroorganizmi, ki lahko po morju prepotujejo dolge razdalje in se nemoteno širijo. Mikroorganizmi na mikroplastiki lahko vplivajo na hitrost razgrajevanja plastike, lahko celo spremenijo njen okus in jo naredijo privlačnejšo za prehrano organizmov, ki živijo v morjih (Jeršinovič, 2019). Študije so pokazale, da so lahko na delcih mikroplastike tudi različni sevi bakterij, ki so lahko patogene za vodne organizme ali pa celo za človeka. Ne vemo še, kateri mikroorganizmi bi lahko rasli na mikroplastiki v vodovodni vodi. Ker pa so površine vodovodnih sistemov ravno tako iz plastike, je razvoj bakterij toliko večji (Kovač Viršek, 2019).



Slika 3: Biofilm na delcih mikroplastike (OpenAI ChatGPT. (17. 1. 2025). [biofilm na delcih mikroplastike]. <https://chat.openai.com/>).

Po dosedanjih raziskavah kemikalije in mikrobiološki patogeni v pitni vodi predstavljajo nizko tveganje za zdravje ljudi. Toksičnost delcev je odvisna od različnih fizikalnih lastnosti: oblike, velikosti, površine, kemične sestave. Mikroplastika, večja od 150 μm verjetno ostane neabsorbirana v človeškem telesu. Absorpcija manjših delcev je omejena, vsrkavanje zelo majhnih delcev mikroplastike, vključno z nanoplastiko, pa je lahko večje. Pri raziskavah na

živalih so opazili absorpcijo pod pogoji izjemno visoke izpostavljenosti. Na podlagi omejenih dokazov zaključkov o tveganju zaradi zaužitja mikroplastičnih delcev v pitni vodi še ne moremo podati, vendar trenutno še ni podatkov, ki bi kazali na očitno zdravstveno tveganje zaradi izpostavljenosti mikroplastičnim delcem v pitni vodi (World Health Organization, 2019).

Mikroplastiki ne moremo preprečiti vstopa v telo. Ko vstopi, lahko povzroči vrsto telesnih težav, kot so rak, bolezni srca in ožilja ... (Radić, 2022).

Človek na leto zaužije tolikšno količino mikroplastike kot ustreza velikosti kreditne kartice. Našli so jo v človeški krvi in celo v placenti (Ratej, 2023).

Sladkovodni nevretenčarji, kot so sladkovodne ribe, lahko zaužijejo mikroplastiko, kar ima številne negativne posledice (fizične, fiziološke in vedenjske motnje) (Kozoderc, 2022).



Slika 4: Delci plastike se nabirajo v organizmih (Thompson, Andrea (2018). *From Fish to Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking a Toll*. Scientificamerican. Pridobljeno s: <https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/>).

OZAVEŠČENOST LJUDI O MIKROPLASTIKI

Leskovšek (2022) je v svoji diplomski nalogi ugotovila, da je večina ljudi seznanjena s pojmom mikroplastika, saj je kar 90 % ljudi na vprašanje ali ste že slišali za izraz mikroplastika, odgovorilo pritrdilno. 75 % anketirancev je vedelo, da se mikroplastika kopiči v oceanih in ogroža morske organizme, 68 % anketiranih je seznanjenih, da je mikroplastika škodljiva za zdravje ljudi, malo ljudi (37 %) pa je vedelo, da se mikroplastika nahaja v oblačilih, ki predstavljajo najpomembnejši vir primarne mikroplastike v oceanih. Zanimivo je bilo dejstvo, da se ena tretjina vprašanih ni zavedala, da mikroplastiko uporabljajo v vsakdanjem življenju.

ANALIZA VZORCEV

Zaenkrat še ne obstajajo poenotene metode za vzorčenje in analizo mikroplastike v okolju, kar pomeni, da so primerjave raziskav otežene (World Health Organization, 2019).

Tako pri raziskavah sladke vode kot tudi pitne vode so najmanjši zaznani delci pogosto določeni z velikostjo mreže, ki se jo uporablja pri vzorčenju, kar pa se od raziskave do raziskave razlikuje. Število delcev v sladkih vodah se je v raziskavah gibalo med 0 in 1000 delcev na liter. V pitni vodi, kjer so običajno uporabljene manjše mreže, so koncentracije segale tudi do 10 000 delcev na liter. Najmanjša zaznana velikost delcev je bila 1 μm (World Health Organization, 2019).

Za določanje prisotnosti mikroplastike v vodnih okoljih se uporabljajo različne metode:

- Filtracija in separacija: vzorci se filtrirajo skozi fine mreže za izolacijo mikroplastike.
- Spektroskopske metode: FTIR in Ramanova spektroskopija omogočata identifikacijo vrste plastike (Hidalgo-Ruz in drugi, 2012).
- Mikroskopska analiza: optični in elektronski mikroskopi omogočajo vizualno prepoznavanje mikrodolcev.

Vzorci mikroplastike je mogoče pridobiti z vlečnimi mrežami, ki poberejo delce mikroplastike, večje od 300 μm na površini vode, ali z zbiranjem vzorcev vode, iz katerih se delci kasneje ekstrahirajo. Prva faza vključuje filtracijo, nato pa ločevanje na osnovi gostote. Pri tem se vzorci pomešajo s tekočino določene gostote, kar omogoča, da mikroplastični delci plavajo, medtem ko težji delci potonejo. Nadaljnje čiščenje zahteva

kemične ali encimske metode za odstranjevanje organskih ali anorganskih kontaminatov. Obseg priprave je odvisen od čistosti vzorcev. Bolj čisti vzorci zahtevajo manj korakov čiščenja. Mikroplastiko lahko označimo z barvili in jo štejemo pod mikroskopom, vendar ti postopki ne morejo nedvoumno potrditi, da gre res za delce plastike. Za določanje kemične sestave se uporabljajo spektroskopski, termoanalitski in kemični pristopi (World Health Organization, 2019).

Tamara Kolerič in Domen Bogdan sta kot dijaka pod mentorstvom profesorice Marije Meznarič raziskala onesnaženost Mure z mikroplastiko. S pomočjo ribičev sta pridobila ribe na 5 lokacijah in jih natančno preučila. Mikroplastiko sta našla v kar 94 % vseh vzorcev, pri večjih ribah je bilo mikroplastike več kot v manjših (Ratej, 2023).

V Sloveniji se z analiziranjem mikroplastike v vodah ukvarjajo na Inštitutu za vode Republike Slovenije, intenzivneje od leta 2014, ko so začeli iskati mikroplastiko v površinski plasti morja, obalnih sedimentih in ribah. Odkrili so, da je v vodah približno 100 000 do milijon delcev mikroplastike na kvadratni kilometer (Ratej, 2023). Vzorčenje in analiziranje mikroplastike v slovenskih vodah poteka po standardiziranih metodah, ki vključujejo filtracijo vzorcev, spektroskopske analize in mikroskopsko identifikacijo delcev. Inštituti, kot so Nacionalni inštitut za biologijo in Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, izvajajo raziskave za določitev koncentracij in tipov mikroplastike v slovenskih rekah, vključno s Savinjo, Dravo in Ljubljano (Milenković in drugi, 2020).



Slika 5: Vzorčenje in analiza vodnih vzorcev (OpenAI ChatGPT. (10. 1. 2025). [vzorčenje in analiza mikroplastike v vodnih vzorcih]. <https://chat.openai.com/>).

PRAKTIČNI DEL

OPREDELITEV PROBLEMA

Živimo v času, v katerem se plastika nahaja na vsakem koraku in je nepogrešljiv del našega življenja. Hkrati pa s plastičnimi odpadki delamo okolju in organizmom ogromno škodo, saj se plastika nikoli popolnoma ne razgradi ampak se razgraja le v manjše in manjše koščke, čemur pravimo mikroplastika, ko dosežejo velikost manjšo od 5 mm. O mikroplastiki se čedalje bolj govori, kako je vsesplošno prisotna v okolju.

Z raziskovalno nalogo smo želele preveriti, ali se mikroplastika nahaja tudi v vodnih območjih v Celju in v kakšnem obsegu ter ali so učenci višje stopnje naše osnovne šole ozaveščeni o mikroplastiki in o njenem vplivu na organizme.

RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Pri raziskovalni nalogi smo si postavile več raziskovalnih vprašanj:

1. Ali bomo v celjskih vodah našle mikroplastiko?
2. Ali bomo več mikroplastike našle v stoječih ali v tekočih?
3. Ali bomo našle mikroplastiko tudi v pitni vodovodni vodi?
4. Ali je večina učencev višje stopnje naše osnovne šole že slišala za pojem mikroplastika in poznajo njegov pomen?
5. Ali večina učencev višje stopnje naše osnovne šole misli, da mikroplastike ni v vodah na območju Celja?
6. Ali večina učencev višje stopnje naše osnovne šole misli, da mikroplastika predstavlja grožnjo njihovemu zdravju?
7. Kako bi se večina učencev višje stopnje naše osnovne šole odzvala, če bi ugotovili, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?

HIPOTEZE

Pri raziskovalni nalogi smo si postavile več hipotez:

1. V celjskih vodah bomo našle mikroplastiko.
2. V stoječih vodah bomo našle več mikroplastike kot v tekočih.
3. Mikroplastiko bomo našli tudi v pitni vodovodni vodi, vendar v bistveno manjšem obsegu kot v rekah in jezerih.
4. Večina učencev višje stopnje naše osnovne šole je že slišala za pojem mikroplastika in poznajo njegov pomen.
5. Večina učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole misli, da se mikroplastika ne nahaja v vodah na območju Celja.
6. Večina učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole misli, da mikroplastika ne predstavlja grožnje njihovemu zdravju.
7. Večini učencev višje stopnje izbrane celjske osnovne šole bi bilo vseeno, če bi ugotovili, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja.

METODA IN RAZISKOVALNI PRISTOP

V raziskovalni nalogi bomo uporabile eksperimentalno metodo in anketno metodo raziskovanja. Eksperimentalno metodo bomo uporabile pri analizi vode, s čimer bomo ugotavljale prisotnost mikroplastike v celjskih vodah. Z anketno metodo pa bomo med učenci zbrale podatke o njihovem poznavanju in skrbi glede mikroplastike, kar nam bo omogočalo vpogled v ozaveščenost mladih.

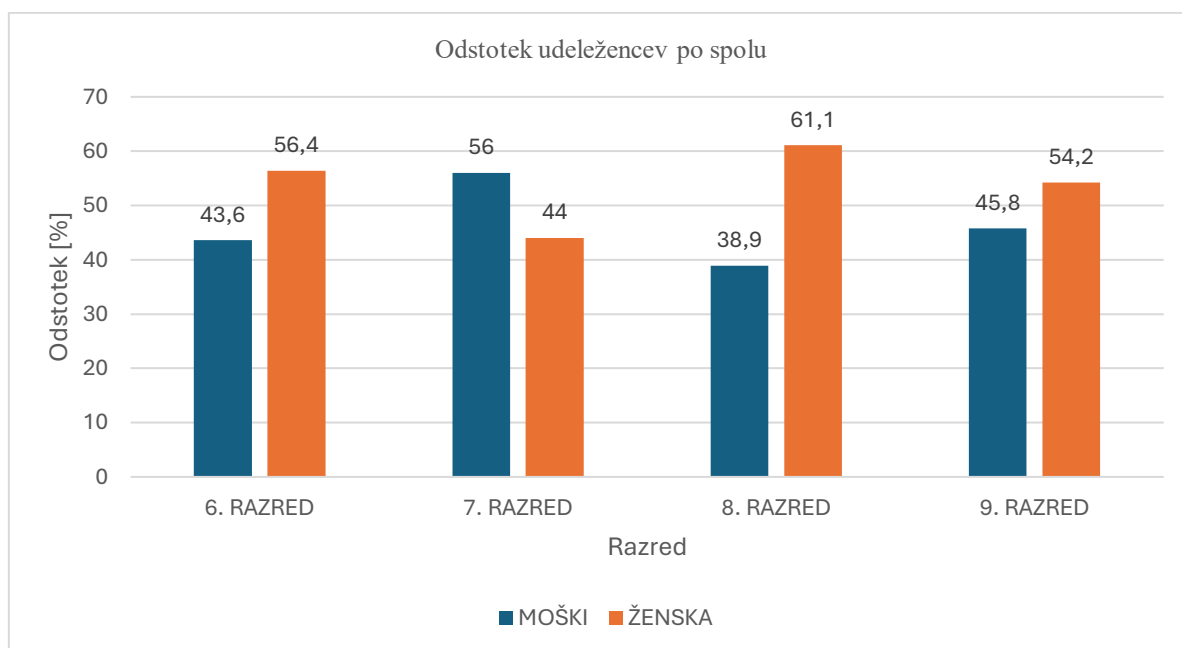
Pri raziskovanju bomo torej uporabile kvantitativni pristop, saj bomo preštele delce mikroplastike, ki se bodo ujeli na filtrirni papir po filtriranju in preštele odgovore učencev na anketnih vprašalnikih ter naredile obdelavo podatkov z grafi v Wordu.

OPIS POSTOPKA ZBIRANJA PODATKOV

Najprej smo opravile terenski del raziskovanja, v okviru katerega smo zbrale vzorce vode iz petih različnih vodnih virov na območju Celja – po tri litre vode iz reke Savinje, Šmartinskega jezera, ribnika v Lahovni, reke Hudinje in vodovodne vode iz šole. Vzorce smo nato prinesle v šolo, kjer smo jih filtrirale skozi dvojni filtrirni papir. Spodaj smo imele zelo fin filtrirni papir s porami od 2-3 μm , nad njim pa navaden filtrirni papir, ki se ga kupi v polah s premerom 10,5 cm. Po filtriranju smo na filtrirni papir nakapljale nekaj kapljic 3% vodikovega peroksida, saj služi kot oksidant za organske snovi, torej smo z njim razgradile organizme, ki so se nabrali na filtrirnem papirju. Nato smo s pomočjo mikroskopa pri 100x povečavi preučile filtrirni papir z oznako MN 640D in preštete delce, ki smo jih našle na filtrirnem papirju, velikosti enega krovnega stekelca (18 mm x 18 mm) in rezultate primerjale med seboj.

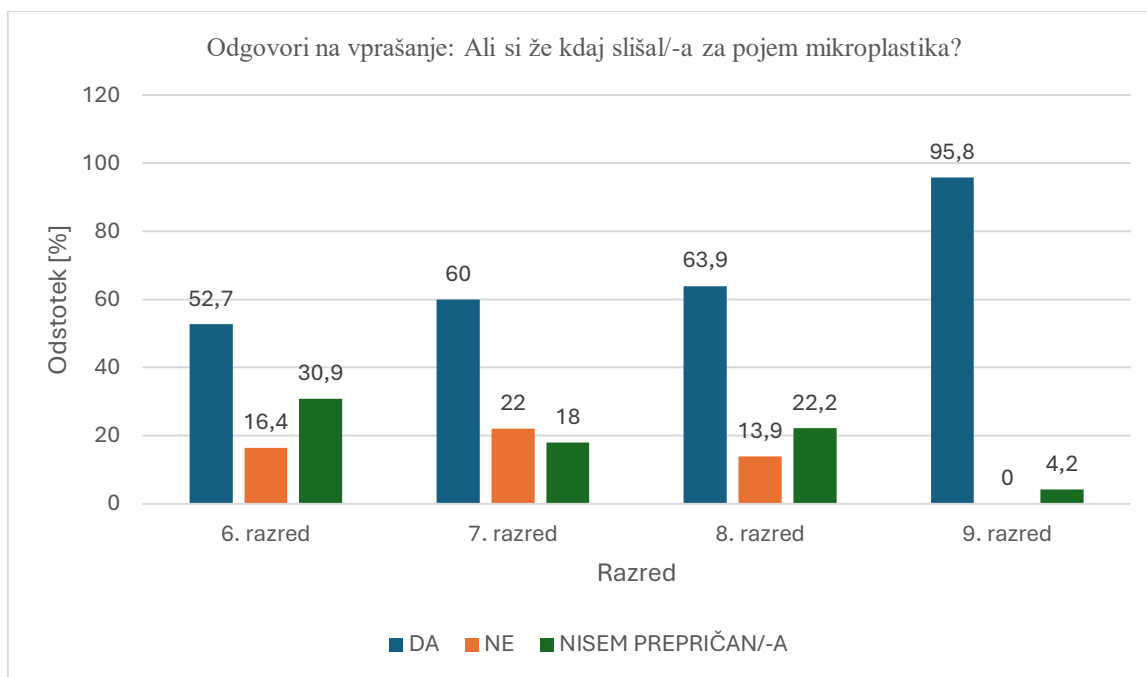
Učencem višje stopnje smo razdelile anketni vprašalnik, ki je zajemal 7 vprašanj. Prvi dve vprašanji sta spraševali po spolu in razredu, nato pa je sledilo 5 vprašanj o poznavanju pojma mikroplastika in zavedanju problema onesnaženosti z mikroplastiko.

REZULTATI ANKETE



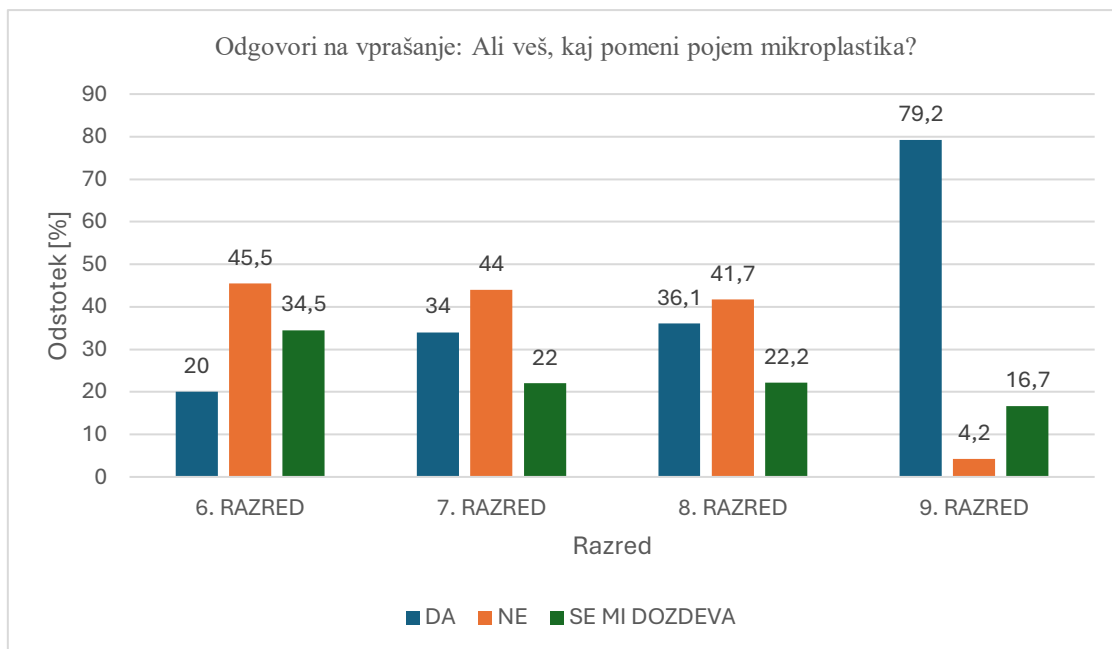
Graf 1: Grafični prikaz odstotka udeležencev po spolu

Rezultati kažejo, da so pri izpolnjevanju anketnega vprašalnika prevladovala dekleta, saj je v 6., 8. in 9. razredu večji delež deklet kot fantov. Le v sedmem razredu je anketni vprašalnik rešilo več fantov kot deklet.



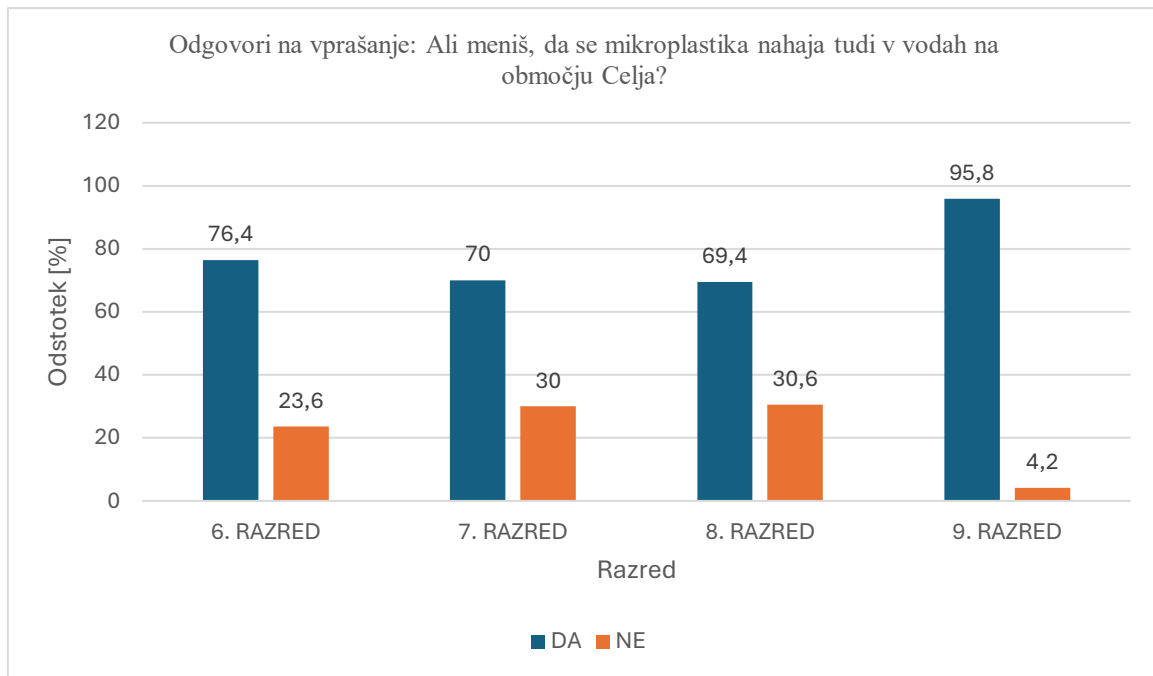
Graf 2: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali si že kdaj slišal/-a za pojem mikroplastika?

Iz grafa lahko razberemo, da je večina učencev že slišala za pojem mikroplastika, se pa odstotek zvišuje z leti. Kar 95,8 % devetošolcev je že slišala za mikroplastiko, medtem ko je ta odstotek pri šestošolcih skoraj za polovico manjši (52,7 %).



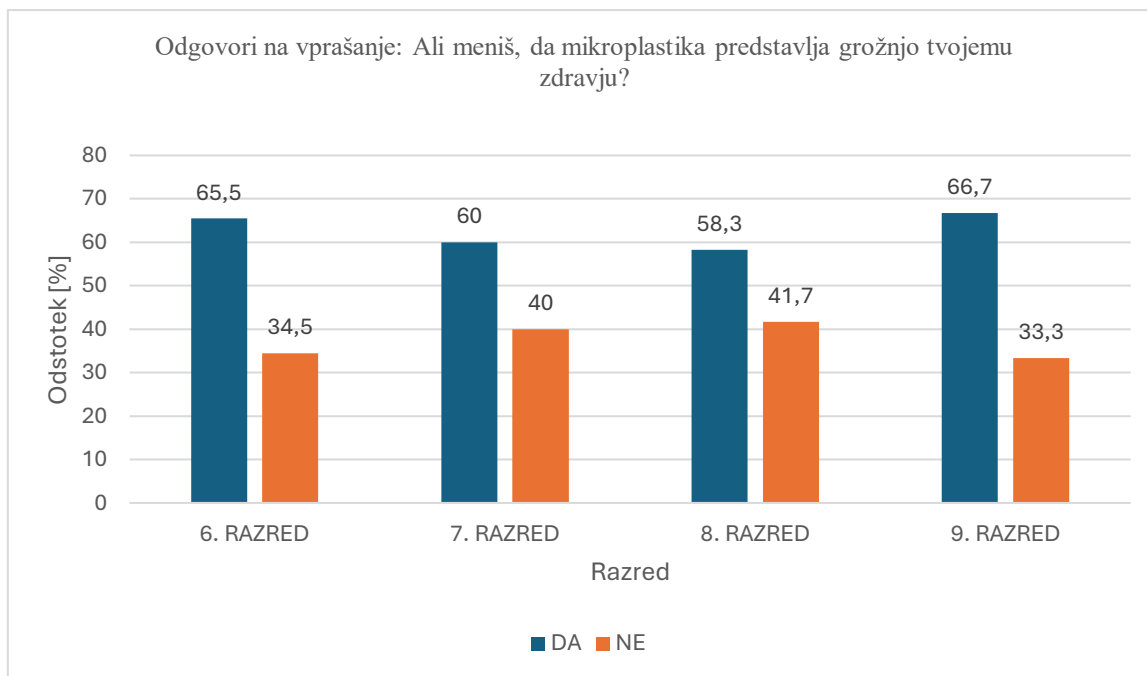
Graf 3: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali veš, kaj pomeni pojem mikroplastika?

Iz grafa lahko razberemo, da so devetošolci precej ozaveščeni o pojmu mikroplastika, medtem ko je pri ostalih razredih ta odstotek precej nizek. V 7. in 8. razredu približno tretjina učencev ve, kaj pomeni izraz mikroplastika, v 6. razredu pa je ta odstotek še nižji. Kar približno 45 % učencev od 6. do 8. razreda ne ve, kaj pomeni mikroplastika, torej niso ozaveščeni o tem problemu.



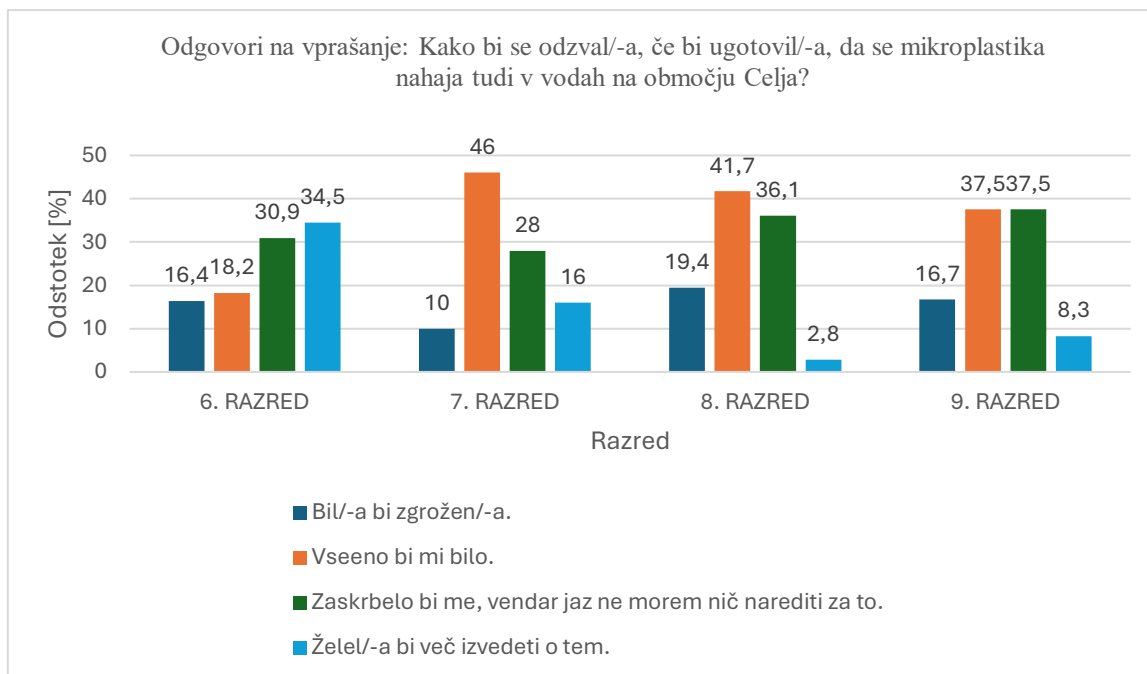
Graf 4: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali meniš, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?

Iz grafa je razvidno, da večina učencev meni, da je mikroplastika prisotna tudi v vodah na območju Celja. Pri devetošolcih je ta odstotek precej višji od ostalih razredov, kar lahko povežemo tudi z njihovim poznavanjem mikroplastike.



Graf 5: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Ali meniš, da mikroplastika predstavlja grožnjo tvojemu zdravju?

Iz grafa lahko razberemo, da se približno 60 % učencev zaveda, da mikroplastika lahko predstavlja grožnjo zdravju ljudi. Glede na to, da nekateri učenci niti ne vedo, kaj je mikroplastika, lahko predpostavljamo, da so ti učenci ugibali, kaj bi lahko bilo prav.



Graf 6: Grafični prikaz odstotkov odgovorov na vprašanje: Kako bi se odzval/-a, če bi ugotovil/-a, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?

Pri zadnjem grafu lahko opazimo precej raznolikosti med razredi. Kar tretjina šestošolcev bi želela več izvedeti o problemu mikroplastike v vodah v Celju, medtem ko je ta odstotek pri ostalih razredih precej manjši. Najmanj so nad raziskovanjem navdušeni osmošolci. V zadnji triadi je približno 40 % učencem popolnoma vseeno za prisotnost mikroplastike v vodah. V povprečju bi bilo približno 15 % učencev zgroženih nad dejstvom, da se mikroplastika nahaja tudi v celjskih vodah. Približno 30 % učencev pa bi bilo ob dejstvu, da je mikroplastika tudi v Celjskih vodah, zaskrbljenih, vendar se s tem dejstvom ne bi preveč ukvarjali, saj menijo, da ne morejo nič narediti, da bi bilo bolje.

EKSPERIMENTALNI DEL

Filtrirali smo 3 litre posameznega vzorca na ploščini 86,59 cm³ filtrirnega papirja.

Pri mikroskopiranju je bilo zelo težko določevati, ali gre za delce mikroplastike ali ne, saj povečava mikroskopa ni bila dovolj velika za jasno določevanje. Preštele smo vse delce, ki smo jih našle na filtrirnem papirju v območju enega krovnege stekelca, čeprav je verjetno veliko takšnih, ki niso mikroplastika.

Tabela 1: Prikaz rezultatov štetja delcev med mikroskopiranjem

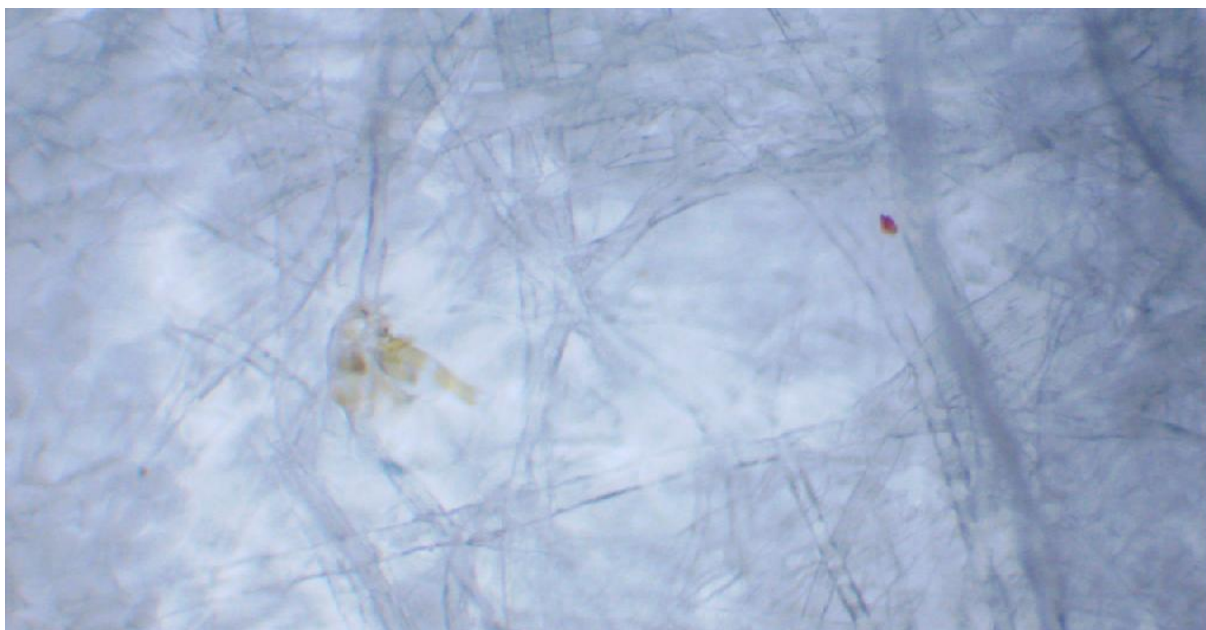
Vir vode	Število delcev na krovnem stekelcu
Reka Hudinja	210
Lahovna	260
Vodovodna voda	65 (zelo majhni delci)
Reka Savinja	124
Šmartinsko jezero	119

Na podlagi podatkov lahko izračunamo približno koliko naj bi bilo delcev v 3 litrih posameznega vzorca. Z mikroskopom smo pregledali območje $3,24 \text{ cm}^3$, filtracija pa je potekala na območju $86,59 \text{ cm}^3$, torej število delcev pomnožimo z 26,73. Dobljeni rezultati so prikazani v tabeli:

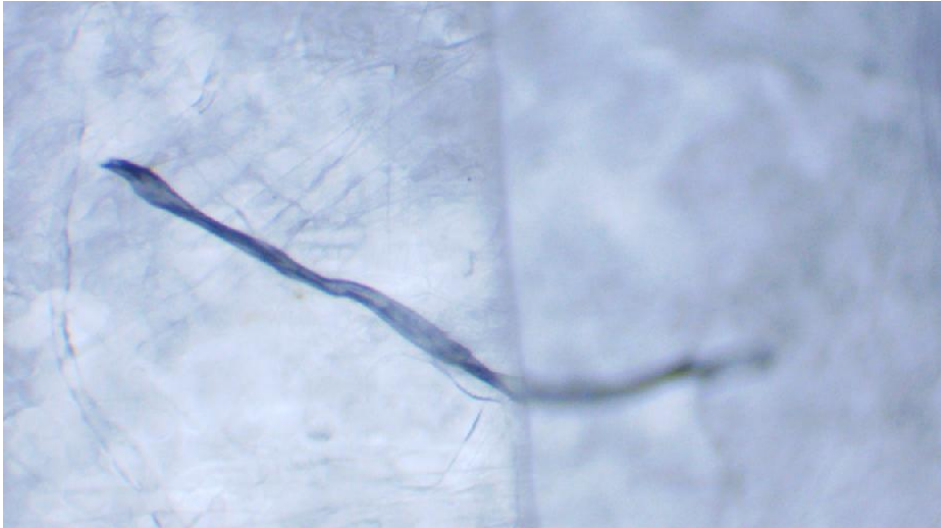
Tabela 2: Izračunano število delcev v 3 litrih vzorca vode ter v 1 litru vzorca

Vir vode	Število delcev v 3 litrih vzorca	Število delcev v 1 litru vzorca
Reka Hudinja	5613,3	1871,1
Lahovna	6949,8	2316,6
Vodovodna voda	1737,5	579,1
Reka Savinja	3314,5	1104,8
Šmartinsko jezero	3180,9	1060,3

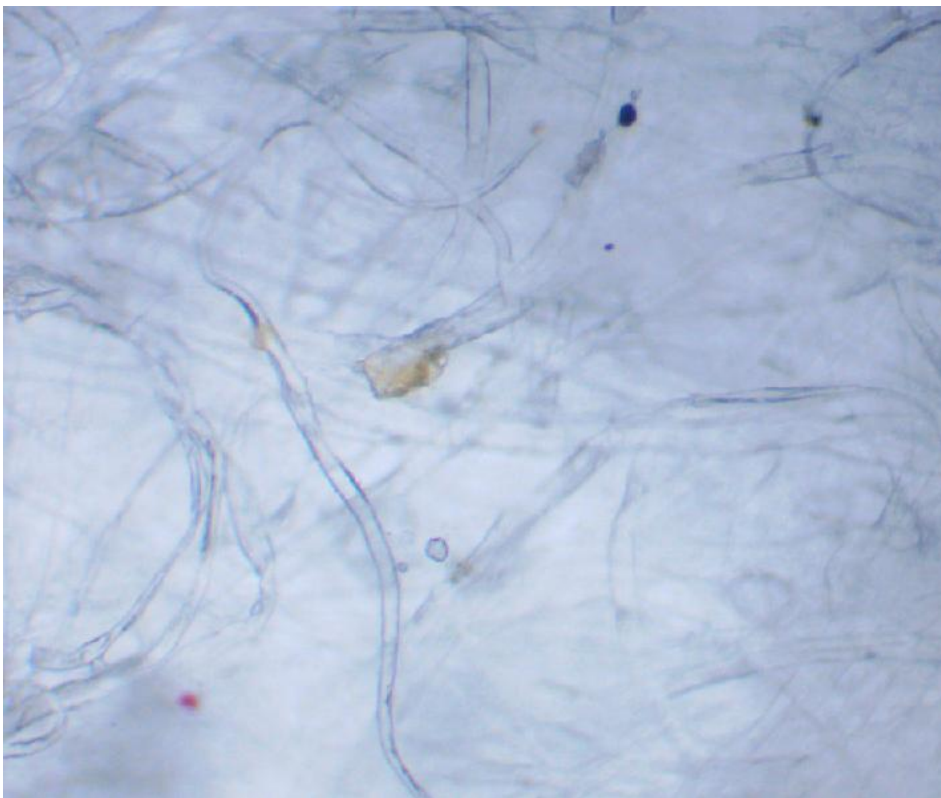
Fotografije delcev, ki smo jih našle v vzorcih



Slika 6: Mikroskopska slika delcev v reki Hudinji



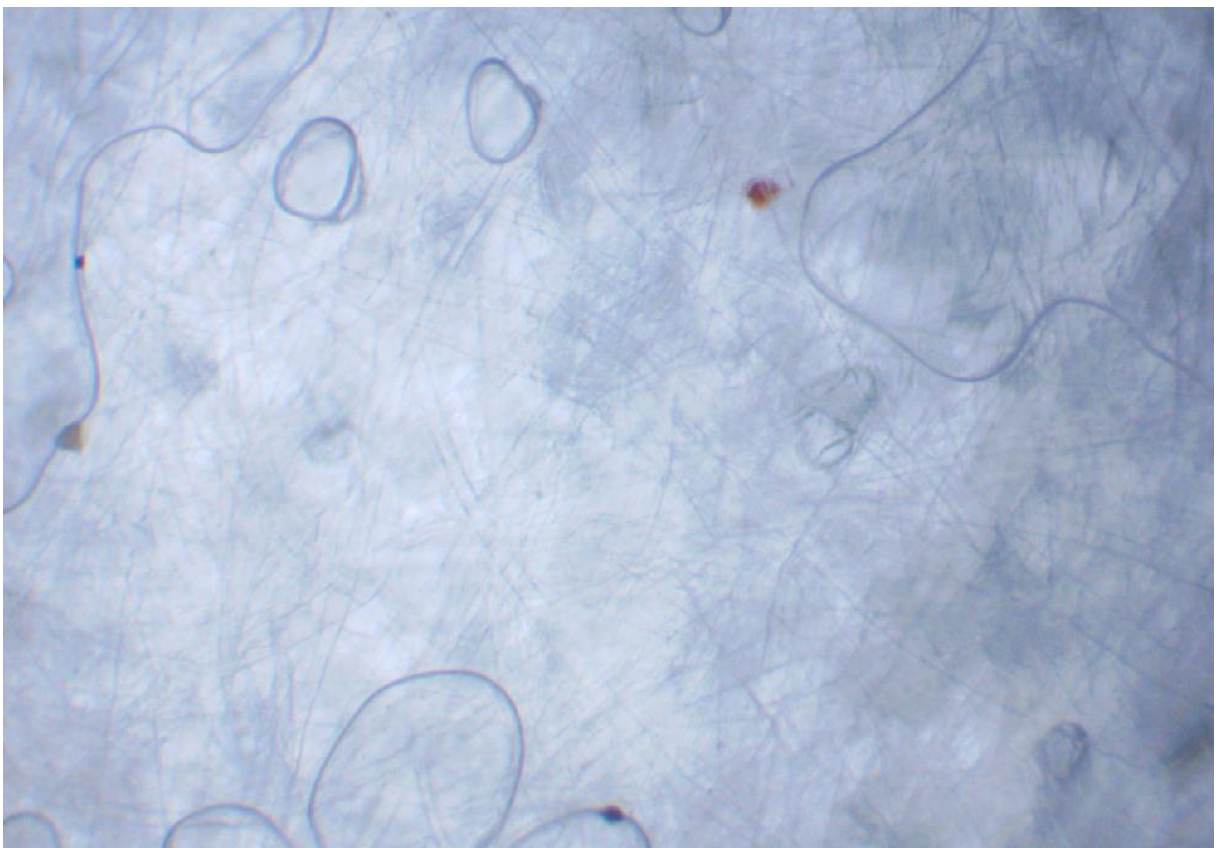
Slika 7: Mikroskopska slika večjega delca v reki Hudinji



Slika 8: Mikroskopska slika delcev v ribniku v Lahovni



Slika 9: Mikroskopska slika večjega delca v vodovodni vodi



Slika 10: Mikroskopska slika delcev v vodovodni vodi

RAZPRAVA

V današnjem času se veliko govori o onesnaženju voda z mikroplastiko. Mikroplastika nastane z razgradnjo plastičnih izdelkov na delce, ki so manjši od 5 mm. Mikroplastiko zaužijejo tudi vodni organizmi in se na ta način kopiči v prehranjevalni verigi. Z raziskovalno nalogo smo želele preveriti, ali se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja in v kakšnih količinah ter koliko so o mikroplastiki ozaveščeni učenci višje stopnje naše osnovne šole. Pri tem smo si postavile 7 raziskovalnih vprašanj in hipotez.

Prvo hipotezo lahko potrdimo, saj smo v preučevanih vzorcih našle delce, ki so zagotovo delci mikroplastike, saj so bili pisano obarvani. Drugo hipotezo moramo ovreči, saj smo v Šmartinskem jezeru našle manj delcev kot v rekah. Res pa je, da nismo prepričane, ali so v rekah vsi ti delci res mikroplastika. Lahko gre tudi za drobne delce mulja ali kakšnih drugih snovi. Tudi tretjo hipotezo lahko potrdimo, saj smo žal tudi v pitni vodovodni vodi našle delce, ki spominjajo na mikroplastiko, vendar je teh delcev bistveno manj kot v drugih rekah in jezerih. Četrto hipotezo lahko delno potrdimo, saj je večina učencev višje stopnje naše osnovne šole že slišala za pojem mikroplastika vendar pa manj kot polovica učencev ve, kaj ta pojem pomeni. Peto hipotezo moramo ovreči, saj večina učencev verjame, da se mikroplastika nahaja tudi na območju Celja. Tudi šesto hipotezo moramo ovreči, saj večina učencev meni, da mikroplastika ogroža njihovo zdravje. Prav tako ne moremo potrditi sedme hipoteze, saj v nobenem razredu delež odgovorov Vseeno mi je. ni presegal 50 %, čeprav je bil od vseh odgovorov najpogosteje izbran odgovor.

SKLEP

Zaključimo lahko, da je mikroplastika prisotna tudi v vodah na območju Celja, kar smo potrdile z našo laboratorijsko analizo, vendar obstaja možnost, da smo med delci zaznale tudi druge snovi, saj so številke delcev precej visoke in višje od teoretičnih vrednosti. Še posebej zaskrbljujoče je dejstvo, da smo delce, ki spominjajo na mikroplastiko, našle tudi v pitni vodi, čeprav v bistveno manjših količinah. Naša raziskava je prav tako pokazala, da so učenci višje stopnje naše osnovne šole sicer že slišali za mikroplastiko, vendar natančno razumevanje pojma še ni dovolj razširjeno. Kljub temu se večina učencev zaveda prisotnosti mikroplastike v okolju ter njenega potencialnega vpliva na zdravje, odstotek zavedanja je

primerljiv z ugotovitvami Leskovškove (2022). Pomembno je, da se nadaljuje z izobraževanjem o tej problematiki, saj ozaveščenost predstavlja prvi korak k iskanju rešitev in zmanjševanju onesnaževanja. Naše ugotovitve prispevajo k širšemu razumevanju problema mikroplastike v lokalnem okolju in potrjujejo, da gre za resno okoljsko vprašanje, ki zahteva več pozornosti in ukrepov za zmanjšanje njenega vpliva na naravo in zdravje ljudi.

Zavedamo se omejitev naše raziskave, da je precej nenatančna in da ne moremo z gotovostjo trditi, da smo res našle mikroplastiko. Pri filtriranju smo verjetno nekaj večjih delcev mikroplastike ujele že na zgornjem sloju filtrirnega papirja, delci manjši od 2 μm pa so lahko šli skozi filtrirni papir. Za bolj točne rezultate bi morale uporabiti druge metode analize, kot je na primer spektroskopija in bolj natančne pripomočke, na primer elektronski mikroskop. V nadaljevanju bi bilo zanimivo ugotoviti, ali se vrednost delcev razlikuje pred in po čistilni napravi ter koliko mikroplastike najdemo v vodnih organizmih.

VIRI

- Blettler, M. C. M., in Wantzen, K. M. (2019). *Threats underestimated in freshwater plastic pollution: Mini-review*. Water, Air, & Soil Pollution, 230(7), 174.
- Frias, João in Nash, Roisin. (2018). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*. 138. 145-147. 10.1016/j.marpolbul.2018.11.022.
- GESAMP (2016). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment" (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., in Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075.
- Jeršinovič, N. (2019). Raznolikost življenja v plastisferi. Radio Študent. <https://radiostudent.si/znanost/znanstveni-britoff/raznolikost-zivljenja-v-plastisferi>
- Kovač Viršek, M. (2020). *Potovanje mikroplastike po vodnih ekosistemih v Sloveniji*. Slovensko društvo za zaščito voda. Pridobljeno s spletne strani chrome extension://efaidnbmnnnibpajpcgclcfndmkaj/https://sdzv-drustvo.si/wpcontent/uploads/2020/10/7_KOVAC-prezentacija.pdf
- Kovač Viršek, M. (2019). Pri mikroplastiki še veliko neznank. V telo mikroplastiko vnašamo tudi s pitno vodo, a so vplivi še slabo raziskani. Delo. <https://www.delo.si/novice/znanoteh/pri-mikroplastiki-se-veliko-neznank/#>
- Kozoderc, Nika, 2020, *Vpliv mikroplastike na sladkovodne organizme* [na spletu]. Diplomsko delo. N. Kozoderc. Pridobljeno s: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=119712>
- Leskovšek, N. (2022). Mikroplastika v izdelkih za osebno nego. Diplomsko delo. Velenje: Fakulteta za varstvo okolja. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcgclcfndmkaj/https://fvo.si/wp-content/uploads/2022/10/Diploma.pdf
- Milenković, M., Andjelković, M., in Petrović, M. (2020). Microplastic pollution in freshwater ecosystems: Current knowledge and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 721, 137704.
- Radić, K. (2022). *Splošno zavedanje o vplivu odpadnih zaščitnih sredstev proti covid-19 v republiki Sloveniji*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru: Fakulteta za logistiko.
- Ratej, M. (2023). *Skrita očem: Nevidna grožnja mikroplastike*. MMC RTV SLO. <https://www.rtv slo.si/zdravje/skrita-ocem-nevidna-groznja-mikroplastike/692935>
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., in Teh, S. J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3, 3263.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., in Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166.

- World Health Organization. (2019). *Microplastics in drinking-water*. World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>
- Zveza potrošnikov Slovenije. (2019, 5. marec). *Bomo postali planet mikroplastika?* [Spletni članek]. Zveza potrošnikov Slovenije. <https://www.zps.si/nasveti-in-vodniki/bomo-postali-planet-mikroplastika-2019-03-05>

VIRI SLIK

- Microplastics update: health impacts and warnings over food and water (2022). PUREH2O. pridobljeno s: <https://pureh2o.co.uk/microplastics-update-health-impacts-and-warnings-over-food-and-water/>
- Murphy, M. (2025) Microplastics a growing challenge to health and the environment. Pridobljeno s: <https://hsph.harvard.edu/news/microplastics-a-growing-challenge-to-health-and-the-environment/>
- OpenAI ChatGPT. (17. 1. 2025). [biofilm na delcih mikroplastike]. <https://chat.openai.com/>
- OpenAI ChatGPT. (10. 1. 2025). [vzorčenje in analiza mikroplastike v vodnih vzorcih]. <https://chat.openai.com/>.
- Thompson, Andrea (2018). From Fish to Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking a Toll. Scientificamerican. Pridobljeno s: <https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/>

PRILOGA

ANKETNI VPRAŠALNIK O MIKROPLASTIKI

Smo učenke 8. a razreda. Skupaj z mentorico delamo raziskovalno nalogo o mikroplastiki na območju Celja. Za izvedbo raziskovalne naloge bi potrebovale tudi tvojo pomoč. Prosimo, da rešiš anketni vprašalnik. Odgovori naj bodo iskreni. Hvala za pomoč.

Obkroži odgovor, ki velja zate:

Spol: M Ž

Razred: 6. 7. 8. 9.

Ali si že kdaj slišal/-a za pojem MIKROPLASTIKA?

- a) DA
- b) NE
- c) NISEM PREPRIČAN/A

Ali veš, kaj pomeni pojem MIKROPLASTIKA?

- a) DA
- b) NE
- c) SE MI DOZDEVA

Ali meniš, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?

- a) DA
- b) NE

Ali meniš, da mikroplastika predstavlja grožnjo tvojemu zdravju?

- a) DA
- b) NE

Kako bi se odzval/a, če bi ugotovil/a, da se mikroplastika nahaja tudi v vodah na območju Celja?

- A) Bil/-a bi zgrožen/-a.
- B) Vseeno bi mi bilo.

C) Zaskrbelo bi me, vendar jaz ne morem nič narediti za to.

D) Želel/a bi več izvedeti o tem.

Mentorica Andreja Randl v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Mikroplastika v vodnih okoljih na območju Celja, katere avtorice so: Brina Lamut, Glorija Lesjak in Julija Lesjak

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 2. 4. 2025

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.