

OSNOVNA ŠOLA GORICA
Goriška cesta 48, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**PRISOTNOST MIKROPLASTIKE V REKI PAKI NA OBMOČJU
VELENJA**

Tematsko področje: EKOLOGIJA Z VARSTVOM OKOLJA

Avtorja:
Rok Blagus, 8. razred
Domen Lamot, 8. razred

Mentor:
Branka Mestnik, prof.
Lotty Hrustel, prof.

Velenje, 2022

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Gorica Velenje.

Mentor: Branka Mestnik, prof. geo in zgo.
Lotty Hrustel, prof. bio in kem.

Datum predstavitve: marec 2022

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	OŠ Gorica Velenje, šolsko leto 2021/2022
KG	ekologija/mikroplastika/reka Paka/prisotnost mikroplastike zelo majhna
AV	BLAGUS, Rok / LAMOT, Domen
SA	MESTNIK, Branka
KZ	3320 Velenje, SLO, Goriška cesta 48
ZA	OŠ Gorica
LI	2022
IN	PRISOTNOST MIKROPLASTIKE V REKI PAKI NA OBMOČJU VELENJA
TD	Raziskovalna naloga
OP	VI, 39 str., 36 slik, 3 tabele, 2 prilogi, 18 vir.
IJ	SL
JJ	sl / en
AI	

Raziskovalno nalogo z naslovom »Prisotnost mikroplastike v reki Paki na območju Velenja« smo opravljali na terenu, v laboratoriju in pred računalnikom. Meritve smo izvedli na treh lokacijah ob reki: preden priteče v Velenje, tam kjer se zaključi bivalni in industrijski del mesta. Z načrtnim terenskim delom smo pridobili ključne podatke za nadaljnje dejavnosti: hitrost rečnega pretoka, temperaturo reke in material za mikroskopiranje. Posušen ujet material smo opazovali skozi povečevalno lupo in prepoznali število delcev mikroplastike. Na osnovi izbranih podatkov smo izračunali delež delcev na m³ vode. V povprečju je 0,05 delcev/m³. Ugotovili smo, da je količina mikroplastike v Paki zanemarljiva. Največ delcev smo opazili za industrijskim delom mesta, najmanj pa v naselju Paka, preden reka priteče v Velenje. Nekateri domačini naselja Paka pri Velenju odlagajo biološke in plastične odpadke na rečno brežino. To nas je presenetilo, saj njihovo početje povečuje onesnaženost reke. Zato smo namestili opozorilni napis. Na osnovi zbranih podatkov in ugotovitev smo opravili intervju z vodjo službe za tehnologije in nadzor v Komunalnem podjetju Velenje in vodjo projektov za področje vode in zraka v Eurofins Erico Slovenija d.o.o.. Spoznali smo, da strokovno opravljajo različne ekološke in kemijske meritve, analize ter skrbijo za čistost reke. Raziskave o prisotnosti mikroplastike ne spremljajo, zato menimo, da so rezultati naše naloge koristni in aktualni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Gorica Velenje Primary School, 2021/2022
CX	ecology/microplastic/Paka river/ presence of microplastic very small
AU	BLAGUS, Rok / LAMOT, Domen
AA	MESTNIK, Branka
PP	3320 Velenje, SLO, Goriška cesta 48
PB	Gorica Velenje Primary School
PY	2022
TI	PRESENCE OF MICROPLASTIC IN PAKA RIVER IN THE VELENJE AREA
DT	RESEARCH WORK
NO	VI, 39 pages, 36 fig., 3 tab., 2 ann., 18 ref.
LA	SL
AL	sl / en
AB	

Our research thesis with the title »Presence of microplastic in Paka river in the Velenje area« is based on the field research as well as the laboratory analysis, and the use of computer. Measurements were made on three different locations of the river; before the river runs into Velenje and the place where the living and industrial part of the town finishes. With well-planned work, we gained information to continue with further activities: the speed of the river flow, the temperature of the river and material for microscopic analysis. We observed dried material through the magnifying glass and recognized some parts of microplastic. According to the gathered data, we calculated the share of particles in m³ of water. There are on average 0,05 particles/m³.

We found out that the amount of microplastic in the Paka river is negligible. The most parts were noticed in the industrial part of the town and the least in Paka settlement before the river runs into town. Some residents of Paka settlement deposit biological and plastic waste on the river shore. That was a surprise to us as this causes bigger pollution. That was why we put a warning sign there. According to gathered information, we did an interview with the head of the technology and control in Public utility Velenje as well as the head of the projects for water and air in Eurofins Erico Slovenia Ltd. We have learned that they are doing different professional ecological and chemical measurements, analysis, and taking care of clean water. Researches about microplastic in the river have not been done so far so we believe that the results of our assignment are useful and relevant.

Kazalo vsebine

1	UVOD.....	1
2	PREGLED OBJAV.....	3
2.1	Kaj je plastika?	3
2.2	Kaj je mikroplastika?.....	4
2.3	Mikroplastika v vodi	5
2.4	Mikroplastika v evropskih rekah.....	6
2.5	Mikroplastika v slovenskih vodotokih	7
2.6	Projekt Plastic Pirates – Go Europe	8
2.7	Reka Paka	9
3	MATERIAL IN METODE DELO	11
3.1	Izdelava mreže (vreče) za vzorčenje mikroplastike	11
3.2	Terensko delo	13
3.3	Delo v laboratoriju - metoda mikroskopiranja	15
3.4	Metode dela	16
4	REZULTATI	17
4.1	Prvo terensko delo	18
4.1.1	Rezultati prvega mikroskopiranja	18
4.2	Drugo terensko delo	21
4.2.1	Rezultati drugega mikroskopiranja	21
4.3	Tretje terensko delo	23
4.3.1	Rezultati tretjega mikroskopiranja	24
4.4	Plastični odpadki na rečni brežni.....	26
4.5	Intervju z gospo Natašo Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva	27
4.6	Intervju z g. Rokom Špindlerjem mag. inž. kemijske tehnike	30
5	RAZPRAVA.....	31
6	ZAKLJUČEK	34
7	POVZETEK.....	36
8	SUMMARY	37
9	VIRI IN LITERATURA	38

Kazalo slik

Slika 1: Prisotnost mikroplastike v okolju, vir (Simenčič, 2018).....	5
Slika 2: Mikroplastika v planktonu (Mikroplastika: »nevidni...«, 2020)	8
Slika 3: Reka Paki v naselju Paki pri Velenju (Foto: D. Lamot)	10
Slika 4: Reka Paki z mostu pri Mizarstvu Meh (Foto: D. Lamot)	10
Slika 5: Potreben material (levo) in izdelovanje lovilca mikroplastike (desno) (Foto: Z. Tisnikar Lamot)	11
Slika 6: Mreža za vzorčenje mikroplastike v Paki (Foto: D. Lamot)	11
Slika 7: Nastavljanje mreže za vzorčenje mikroplastike v vodo (levo) in zajemanje vzorca vode v čašo (desno) (Foto: R. Blagus)	12
Slika 8: Merjenje temperature in pH-ja (Foto: Z. Tisnikar Lamot)	12
Slika 9: Velenjska kotlina – označene lokacije terenskega dela (http://gis.arso.gov.si/atlasokolja)	13
Slika 10: Material za terensko delo (Foto: D. Lamot)	14
Slika 11: Posušen material, ujet pri tretjem terenskem delu (Foto: D. Lamot)	15
Slika 12: Rok pri mikroskopiranju (levo) in merjenju delcev mikroplastike pod mikroskopom (desno) (Foto: D. Lamot)	15
Slika 13: Vlečenje mreže iz reke (Foto: B. Mestnik)	16
Slika 14: Nameščena mreža v reki Paki (Foto: D. Lamot)	17
Slika 15: Delci mikroplastike pod stereo mikroskopom s prve lokacije (Foto: B. Mestnik) ...	19
Slika 16: Niti mikroplastike prepletene z algami (Foto: D. Lamot)	19
Slika 17: Modri delec mikroplastike (levo), vijolični delec mikroplastike (na sredini), oranžni delec mikroplastike (desno) (Foto: D. Lamot)	20
Slika 18: Delci mikroplastike med papirjem (Foto: D. Lamot)	20
Slika 19: Delci mikroplastike, ujeti pri drugi meritvi v Paki pri Velenju (Foto: R. Blagus)....	22
Slika 20: Delci mikroplastike v obliki polivinila (Foto: R. Blagus)	22
Slika 21: Delci mikroplastike, ujeti pri Premogovniku Velenje – levo slika skozi lupo stereo mikroskopa, desno slika materiala v petrijevki (Foto: R. Blagus)	23
Slika 22: Delec in nitke mikroplastike pri tretji meritvi v Paki pri Velenju (Foto: D. Lamot)	24
Slika 23: Delci mikroplastike med rastlinskim materialom pri tretji meritvi za bivalnim delom Velenja (Foto: D. Lamot)	24
Slika 24: Delci mikroplastike pri tretji meritvi na lokaciji Premogovnika Velenje – levo slika skozi lupo stereo mikroskopa, desno slika materiala v petrijevki (Foto: D. Lamot)	25
Slika 25: Delci mikroplastike med papirjem pri tretji meritvi Premogovnik Velenje (levo) in polivinil ovit okoli palčke (desno) (Foto: D. Lamot)	25
Slika 26: Plastični odpadki na rečni brežini (Foto: Z. Tisnikar Lamot)	26
Slika 27: Pričvrstitev opozorilnega napisa na ograjo mostu v Paki pri Velenju (Foto: Z. Tisnikar Lamot)	26

1 UVOD

Globalni ekološki problemi svetovnega in slovenskega okolja so povezani z onesnaženostjo ozračja (podnebne spremembe), vodnih virov (ogroženi postajajo naravni ekosistemi v rekah, jezerih, morjih) ter s krčenjem gozdov. Osrednje okolijske probleme povzroča človekov nespoštljiv odnos do narave. Hitra industrializacija, urbanizacija in intenzivno kmetijstvo privede v ekološko krizo. Količina odpadne embalaže narašča. Vsak človek dnevno proizvede več kilogramov smeti, kot so plastične steklenice in embalaže, pločevinke, papir... Vse to, kljub čistilnim napravam, je velik problem onesnaževanja naravnega okolja.

Po letu 2000 so različni svetovni inštituti pričeli z raziskovanjem manjših delcev plastike, ki v naravi razpade še na manjše delce – mikroplastika. To so zelo drobni delci plastike, veliki do 5 mm. Najprej so jih opazili v morjih, oceanih. Prinašajo pa jih tudi reke. Delci mikroplastike se ne razgradijo sto in več let.

Na spletni strani YouTube si lahko ogledamo kratek film »Reka Paka – ohranimo to reko čisto!«. Prikazano je živahno žuborenje vode, ki hiti skozi bivalni del mesta, v njej plavajo ribe. Naša vsakdanja pot po mestu pogosto prečka mostove, s katerih gledamo Pako. Včasih se ustavimo in napnemo oči, da bi v njej zagledali kakšno ribo. Na prvi pogled je reka res čista, a rib ni prav dosti. Pogosteje opazimo vrsto rac, ki plavajo na njeni gladini ali pa iščejo hrano na brežini. Ko smo junija s sošolci hiteli na trening, smo zaslišali glasno gaganje. Ozrli smo se proti reki in zagledali raco, ki je reševala malo račko, ta pa se je ujela v plastično mrežo. Na srečo jo je rešila. Presenečeni nad dogajanjem smo se po brežini spustili do reke in zagledali raztrgano živo modro polivinilasto vrečo in ovoj robčkov.

Vprašali smo se, v kolikšni meri plastika uničuje našo reko na območju Velenjske kotline. V raziskovalni nalogi smo predstavili rezultate prisotnosti mikroplastike, njeno pH vrednost, hitrost rečnega pretoka, temperaturo. Zavedali smo se tudi, da je tema naš naloge aktualna.

»Misliti hočem kot misli reka.
Teči od izvira do izliva
kot ona, ki med bregove ujeta
nikoli ista in zmeraj živa
odteka v večnost
in neprenehoma biva.
Vse dosegljivo spodjeda
in nosi s sabo, umiva in spira ...«
(T. Pavček: *Pesem o reki*)

Namen naše raziskovalne naloge:

- raziskati, ali je v reki Paki prisotna mikroplastika in izmeriti velikost njenih delcev;
- razumeti in opozoriti prebivalce, da plastika v okolju razpada več kot 100 let;
- izmeriti in izračunati koliko delcev mikroplastike na m^3 je prisoten v Paki ter na kateri lokaciji je večji delež delcev na m^3 ;
- opraviti meritve temperature reke Pake, hitrost pretoka in pH-vrednost;
- izkustveno učenje (»učilnica v naravi«) povezati s terenskim delom;
- ugotoviti, kje so v Pako izpusti komunalne in industrijske vode;
- spoznati, katera ustanova v Velenju mesečno spremlja prisotnost mikroplastike v Paki;
- zavzeti stališče, da plastični odpadki, posledično mikroplastika, ne sodijo na rečno brežino, v vodo...;
- spodbuditi spoštljiv odnos do varstva okolja, da smo odgovorni do okolja in da ohranimo reko Pako čisto.

Hipoteze smo oblikovali na osnovi toka reke Pake, ki priteče s smeri severovzhod, iz naselja Paka pri Velenju v Velenjsko kotlino. Svoj tok nadaljuje skozi urbanizirano mestno okolico in naprej v industrijski del, kjer se konča Velenje.

V nalogi smo si zastavili štiri cilje oz. hipoteze:

Prva hipoteza: Preden reka Paka priteče v Velenjsko kotlino, v vodi ni prisotna mikroplastika.

Druga hipoteza: Največ mikroplastike v reki Paki je prisotne za industrijskim delom mesta.

Tretja hipoteza: Hitrost rečnega pretoka vpliva na prisotnost mikroplastike v Paki.

Četrta hipoteza: Prisotnost delcev mikroplastike na m^3 reke Pake redno spremljata Komunalno podjetje Velenje in Eurofins Erico.

2 PREGLED OBJAV

2.1 Kaj je plastika?

Beseda plastika je grškega izvora – plastikos in pomeni oblikovati. Gre za material organskega izvora (vključuje ogljik in vodik) z izjemno lastnostjo omogočanja sprejemanja različnih oblik. Plastiko sestavljajo polimere – dolge verige velikih molekul ogljikovodikov, pomešanih z dodatki (barvili, mehčalci, stabilizatorji, polnili...), ki izhajajo iz kemičnih derivatov nafte in zemeljskega plina. Poznamo več tipov plastike:

- **polipropilen(PP)**, ki se uporablja za embalažo, ohišja električnih naprav, avtomobilske odbijače;
- **polistiren(PS)**, ki ga najdemo v peni za pakiranje, embalaži, priboru za enkratno uporabo, škatlah za CD plošče in kasete;
- **polietilen(PE)** se nahaja v mnogo cenених izdelkov za vsakdanjo rabo, kot so plastične vrečke, kozarčki, itd.;
- **polioksimetilen(POM)** najdemo v avtomobilskih delih;
- **poliester(PES)** sestavlja tekstilna vlakna;
- **polietilentereftalat(PET)** se uporablja za plastenke za gazirane pijače, plastične posode za mikrovalovke;
- **poliamid(PA)** (najlon) je v vlaknih, ščetinah zobnih ščetk, ribiških vrvicah;
- **polikarbonat(PC)** za kompaktne plošče, očala, zaščitna stekla, semaforje;
- **polivinilklorid(PVC)** je za cevi, okenske okvirje, talne obloge;
- **poliuretan(PU)** se nahaja v peni za pakiranje, toplotni izolaciji, površinskih prevlekah;
- **polibutilentereftalat(PBT)**.

Prvi plastični material je bil izdelan že leta 1839, največjo senzacijo pa je povzročila iznajdba poliamida v tridesetih letih prejšnjega stoletja. Zaradi svoje vsestranskosti, odpornosti, lahkote oblikovanja in cenovno nizke proizvodnje je plastika ljudem močno olajšala življenje in postala eden najbolj razširjenih materialov, uporabljen tako v gospodarstvu, industriji, kmetijstvu, kot tudi v gospodinjstvu in osebni higieni. S tem pa je postala eden najbolj onesnaževalnih materialov, saj se zaradi svojih specifičnih lastnosti sploh ne razgrajuje, temveč le izredno počasi razpada na vedno manjše delce (mikroplastika, nanoplastika), pa tudi njena reciklaža je

precej zahtevna zaradi različnih snovi, ki zahtevajo drago ločevanje in različne postopke predelave. Čista plastika je na splošno v vodi netopna in ni toksična, problem pa so strupeni dodatki, ki jih dodajajo v plastiko.

Veliko plastike pristane tudi v vodi in oceani so postali največje »odlagališče« plastike. Problem je, da plastika v vodi ne zgine, temveč se obdrži 350 let ali več, sonce, veter in voda pa pripomorejo k temu, da razpade na majhne, mikroplastične delce, ki jih morski organizmi zamenjujejo za plankton in se z njimi hranijo. Ti delci jim dajejo občutek sitosti in živali poginejo od lakote ali pa se zastrupijo zaradi primesi, ki jih plastika vsebuje.

2.2 Kaj je mikroplastika?

Leta 2008 so določili na delavnici v Washingtonu, ZDA, da v kategorijo mikroplastike spadajo delci, manjši od 5 mm, saj so plastični peleti oz. granulati te velikosti, ter večji od 333 μm , kot so velike pore na epineustonskih mrežah, ki so se v tistem času največ uporabljale za vzorčenje. Zgornja meja je bila od takrat naprej enaka za vse, medtem ko se spodnja meja še vedno spreminja od raziskave do raziskave in je odvisna predvsem od tehnike določanja plastike v vzorcu. ...

"Microplastics are any synthetic solid particle or polymeric matrix, with regular or irregular shape and with size ranging 1 μm to 5 mm, of either primary or secondary manufacturing origin, which are insoluble in water."

Prevod: Mikroplastika je vsak sintetični trdni delec oziroma polimer pravilne ali nepravilne oblike in velikosti med 1 μm in 5 mm, primarnega ali sekundarnega proizvodnega izvora, ki je v vodi netopna. (Kovač Viršek, 2020)

Glede na velikost plastičnih delcev so znanstveniki opredelili različne kategorije:

- večja mikroplastika (od 1 do 5 mm)
- manjša mikroplastika (od 1 μm do 1mm)
- nanoplastika (manjša od 1 μm).

2.3 Mikroplastika v vodi

Največji del mikroplastike se ustvari na kopnem (70–80 %), v reke prehaja skozi čistilne naprave, preko meteornih vod in atmosferske depozicije, od tam pa v morja.

Poznamo več vrst mikroplastike:

- primarno, ki je proizvedena mikroplastika in se uporablja v kozmetični industriji in industriji abrazivnih sredstev,
- in sekundarno, ki je posledica razgradnje večjih kosov plastike zaradi mehanskega delovanja ali pa kemijske razgradnje,
- tretji vir mikroplastike pa so sintetična oblačila, kjer se pri njihovem pranju sproščajo sintetična vlakna v odplake, ki preidejo v čistilne naprave, od tam pa v reke in naprej v morja.



Slika 1: Prisotnost mikroplastike v okolju, vir (Simenčič, 2018)

Plastika vstopa v naše reke preko komunalnih odpadnih voda, katerih pot se začne v hišnih odtokih – straniščni školjki. Tu pridejo v kanalizacijski sistem ostanki hrane, sanitarni odpadki (vložki, kondomi, krpe za enkratno čiščenje...), drobni plastični (sintetični) delci iz tkanin, zobnih past, pilingov, mil, zdravila, ostanki barv, laki... skratka zares ogromne količine plastike in mikroplastike odteka v kanalizacijski sistem do čistilnih naprav, kjer se večje dele odstrani, mikroplastika pa je tako drobna in lahka, da je le-te v postopkih mehanskega čiščenja ne morejo

odstraniti, zato prehaja v naše reke in naprej morja, oceane. Mikroplastika je najdena tudi v sintetičnih oblačilih oziroma sintetičnih vlaknih, ki se med pranjem izločijo iz oblačil in po odplakah potujejo do rečnega pritoka.

2.4 Mikroplastika v evropskih rekah

Zadnjih nekaj let so države vedno bolj osveščene o pomenu ohranjanja čistega okolja. Zelene stranke in različna ekološka gibanja se trudijo pripomoči k zmanjšanju onesnaževanja na vseh področjih. Zaradi ogromne uporabe plastike je le-ta danes eden največjih onesnaževalcev okolja. Tako so postali pozorni ne samo na plastiko, temveč tudi na mikroplastiko v evropskih rekah. Iz literature, ki sva jo našla o raziskovanju mikroplastike v morjih in rekah, sva zbrala kar nekaj podatkov. Največ mikroplastike so odkrili v največjih evropskih rekah. Le-te so danes postale tako imenovane 'reke plastike'. Matic Tomšič omenja v svojem članku, da so leta 2019 francoski znanstveniki vzeli iz devetih velikih evropskih rek (Ren, Rona, Sena, Tibera, Loara, Garona, Laba, Segra, Temza) okoli 2700 vzorcev vode na 45 različnih lokacijah in čisto v vseh našli plastične delce. Mikroplastika lahko vsebuje tudi strupene snovi, ki jih v reke prenašajo industrijski odplaki. Zaradi teh snovi so vse bolj ogrožene ribe in posledično tudi mi, ko jih zaužijemo. To odkritje je pomembno, saj so znanstveniki dolgo domnevali, da mikroplastika nastaja samo v morjih in oceanih, domnevno kot posledica vpliva sonca in valov. S prisotnostjo mikroplastike v sladkih vodah so domnevo spremenili, saj so iz raziskav ugotovili, da plastični odpadki v mikroplastiko razpadajo že v rekah. To je bil zelo pomemben podatek tudi z vidika zaježitve onesnaženja, ker ko plastični mikrodelci pridejo v morje, jih je skoraj nemogoče najti in odstraniti.

Švicarski znanstveniki so leta 2015 opozorili na eno največjih 'mikroplastičnih' katastrof na svetu, ko so raziskovali stanje 800-kilometerskega odseka reke Ren med Baslom v Švici in Rotterdamom na Nizozemskem. V tem delu so odkrili v povprečju nekaj manj kot 900.000 plastičnih mikrodelcev na kvadratni kilometer reke. Največji vir onesnaževanja naj bi bila urbana območja ob reki z vso industrijo in neustreznim ravnanjem odpadkov.

2.5 Mikroplastika v slovenskih vodotokih

Slovenija pri tem ni nobena izjema. Tudi pri nas so raziskave pokazale prisotnost mikroplastike v rekah, najbolj onesnažena naj bi z njo bila reka Sava. V raziskavi, opravljeni v okviru projekta Pirati plastike – dajmo Evropi, so letos spomladi opravili raziskave na 35 različnih vodotokih in sledečih rekah zaznali pomembno vsebnost mikroplastike: v reki Savi 1,2 mikroplastična delca na kubični meter ($1,2 \text{ delca/m}^3$), v rekah Krki, Lahinji, Dravinji, Glinščici in Kamniški Bistrici pa 0,6 mikroplastična delca na kubični meter ($0,6 \text{ delcev/m}^3$). (Mikroplastika v slovenskih rekah..., 2021)

Najpogostejši delec mikroplastike v naših rekah je tako imenovani polietilen, katerega sestavljajo prozorni filmi, ki so posledica nakupovalnih vrečk, pakirnih in kmetijskih folij.

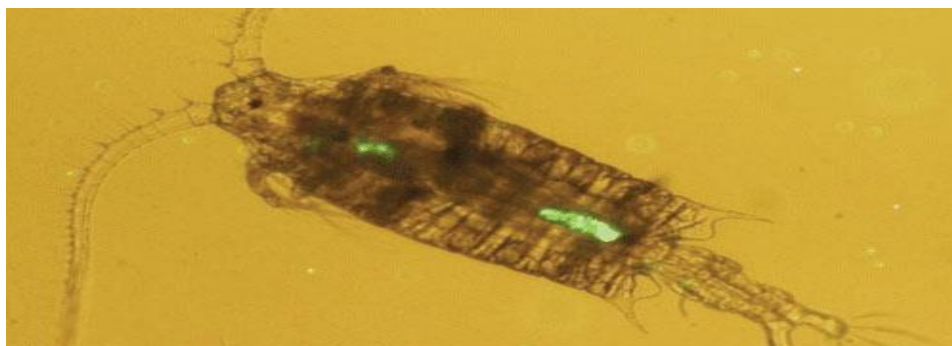
Mikroplastiko v sladkih vodah so raziskovalci določali na več načinov:

- s testiranjem odvzetih vzorcev vode v rečnih pretokih,
- s pomočjo pregleda ulovljenih rib in njihovega drobovja.

Slednje raziskave sta se lotila mlada raziskovalca – ljutomerska gimnazijca in dokazala močno onesnaženje rib z mikroplastiko v vodotoku reke Mure. Pregledala sta 50 vzorcev rib, ki sta jih ulovila na različnih lokacijah reke Mure in v vseh vzorcih našla skupno 239 delcev mikroplastike. Količina delcev v ribah je variirala glede na različne lokacije, na kar pa čistilne naprave in industrijski obrati niso imeli bistvenega vpliva, temveč je bila odvisna od teže in velikosti rib.

Dr. Manca Kovač Viršek je na Simpoziju Vodni dnevi 2020 predstavila raziskavo Potovanje mikroplastike po vodnih sistemih v Sloveniji, kjer je prikazala, da se mikroplastika že dalj časa kopiči v slovenskih vodnih ekosistemih. Po različnih poteh vstopa v reke, jezera in morje (z meteornimi vodami, s čistilnimi napravami in atmosfersko depozicijo). Reke so najpomembnejša transportna pot mikroplastike v morje, saj naj bi prispevale kar od 64 do 90% plastičnih odpadkov v oceanih. Leta 2019 so v Sloveniji opravili prve meritve vnosov mikroplastike v morje z rekama Dragonjo in Rižano, pri čemer so ocenili, da reka Rižana prinese v morje 1,7 milijarde delcev na leto, Dragonja pa 600 milijonov. Meritve makro in mikroodpadkov v Jadranskem morju so pokazale, da je to eno izmed bolj obremenjenih območij Sredozemskega morja. Podobno kažejo tudi rezultati iz slovenskega morja. Seveda pa vsi ti

odpadki predstavljajo za morske organizme potencialno nevarnost z vidika zaužitja. Če morska žival zaužije takšen košček plastike, se vezane kemikalije resorbirajo v prebavni trakt živali in tako vstopijo v prehranjevalno verigo (Kovač Viršek, 2020).



Slika 2: Mikroplastika v planktonu (Mikroplastika: »nevidni...«, 2020)

Britanska jadralca in okoljevarstvenica Ellen MacArthur je na svetovnem gospodarskem forumu v Davosu leta 2016 že opozorila, da bo do leta 2025 v morju na vsake 3 tone rib ena tona plastike, do leta 2050 pa bo v morjih več plastike kot rib. (Kovač Viršek, 2020)

2.6 Projekt Plastic Pirates – Go Europe

Leta 2020 je na pobudo nemškega zveznega ministrstva za izobraževanje in raziskave (BMBF), portugalskega ministrstva za znanost, tehnologijo in visokošolstvo ter slovenskega ministrstva za izobraževanje, znanost in šport nastala skupna kampanja ljubiteljske znanosti Plastic Pirates – Go Europe s ciljem ovrednotenja mikroplastike v rekah in njihovih ustjih ter boljšega razumevanja okoljskih problemov. Projekt je bil namenjen evropskim državljanom: učiteljem, učencem in znanstvenikom, ki bi sodelovali v letih 2020 in 2021. Kampanjo so prvi zasnovali Kieler Forschungswerkstatt in partnerji s podporo BMBF leta 2016 v Nemčiji za znanstveno leto 2016-17 – morja in oceani, od leta 2018 pa se nadaljuje kot raziskovalni cilj »plastika v okolju«.

Kot pomoč pri delu so izdali projektno knjižico, namenjeno mladim od 10 do 16 let, za pridobivanje praktičnih izkušenj v zvezi s problematiko plastičnih odpadkov v morjih in tekočih vodah. V njej so vse informacije o pereči problematiki in navodila, kako se lotiti raziskovanj.

Ključni vprašanji za Plastic Pirates sta: Kako močno so tekoče vode in morja v Evropi onesnaženi s plastičnimi odpadki? Katere vrste plastike so v okolju še posebej pogoste in kakšen vpliv imajo na naša morja in ocean? (Plastic Pirates..., 2020)

V začetku decembra je bil objavljen članek o slovenskem projektu Pirati plastike – dajmo Evropi, v katerem je sodelovalo več kot 1400 učencev in dijakov več kot 100 slovenskih šol. rezultate analize vsebnosti mikroplastike v 44 analiziranih vzorcih je predstavila vodja slovenskega projekta gospa Mateja Grego iz Morske biološke postaje Piran Nacionalnega inštituta za biologijo. Povedala je, da je 75% vzorčnih mest vsebovalo koščke plastike, manjše od petih milimetrov. Največ teh delcev so našli v pretočnem akumulacijskem jezeru med Krškimi in Brežicami v Savi. Glede na onesnaženost reki Savi sledijo Kamniška Bistrica pri Domžalah, Krka pri Otočcu in Novem mestu ter njeni pritoki, Lahinja v Črnomlju, Sotla pri Bizeljskem, Drava pri Mariboru in pri Staršah, Trojšnica pri Pragerskem in Dravinja v Zrečah. Šest rek od 32 pregledanih ni bilo onesnaženih z mikroplastičnimi delci in sicer: Pesnica, Rižana, Zacurek, Rupovščica, Tržiška Bistrica in Ledava, je pa opozorila, da šele večkratno vzorčenje pokaže pravo sliko. V rekah so najpogosteje našli polietilen v obliki filmov, najverjetneje kot posledica razpadlih nakupovalnih vrečk, pakirnih folij in kmetijskih folij. V bližini mest pa so zaznali prisotnost polistirena, ki izvira najverjetneje iz embalaže in gradbenega sektorja in sicer v drugem vzorčenju Ljubljanice pri Vrhniku, Gradaščici na Dobrovi in v Dravi pri Mariboru.

2.7 Reka Paka

Reka Paka izvira na jugozahodnem pobočju Pohorja, pod 1455 m visokim vrhom Volovica. To je trajen izvir, okoli katerega je močvirnato območje. Tok od izvira do Vitanjskega podolja (pri kraju Srednji Dolič) je sorazmerno kratek in zelo strm, saj se na dolžini približno 4 km spusti na nadmorsko višino 600 m. Pri kraju Gornji Dolič reka zavije proti jugu v ozko sotesko Huda luknja in teče po ozki dolini do Velenja. V Velenjski kotlini se usmeri proti severozahodu, mimo Šoštanja in zavije južno v ozko sotesko Penk. Nato teče po širši dolini mimo Šmartnega ob Paki in se v Rečici ob Paki izliva v Savinjo. Dolžina reke Pake je 40 km. Pripada Črnorskemu povodju.

Paka ima dežno-snežni rečni režim, s prvim viškom novembra (obilne jesenske padavine), drugi, manj izrazit višek je v mesecu aprilu.



Slika 3: Reka Paka v naselju Paka pri Velenju (Foto: D. Lamot)



Slika 4: Reka Paka z mostu pri Mizarstvu Meh (Foto: D. Lamot)

3 MATERIAL IN METODE DELA

Izdelava raziskovalne naloge je potekala od začetka oktobra 2021 do konca februarja 2022. Doma za pisalno mizo smo na spletu poiskali vsebine o mikroplastiki v rekah. Strokovne literature v slovenskem jeziku nismo zasledili, razen »Projektna knjižica za mlade Plastic pirates«, kjer smo prebrali navodila za pripravo mreže za vzorčenje mikroplastike in se lotiti terenskega raziskovalnega dela.

3.1 Izdelava mreže (vreče) za vzorčenje mikroplastike

Za izdelavo mreže za vzorčenje mikroplastike smo potrebovali:

- 3 m epineustonske mreže,
- 35 m vrvi,
- tri lahke obroče iz žice (naredil jih je hišnik v šoli g. Staniša Jocić),
- šest plastenk (1 l in 1,5 l).



Slika 5: Potreben material (levo) in izdelovanje lovilca mikroplastike (desno) (Foto: Z. Tisnikar Lamot)



Slika 6: Mreža za vzorčenje mikroplastike v Paki (Foto: D. Lamot)

Epineustonska mreža je mreža, ki ima pore, velike 333 μm in je primerna za lovljenje mikroplastičnih delcev v vodi.

Zašili smo robove epineustonske mreže v obliki vreče, dolžine 350 mm, širine 160 mm. Nanjo smo prišili kovinski okvir, velikosti 150 x 350 mm in na vsako stran pritrdili prazni plastenki, da se mreža ne bi potopila. Na okvir z mrežo smo pričvrstili še 10 m dolgo vrvico za spuščanje v reko.



Slika 7: Nastavljanje mreže za vzorčenje mikroplastike v vodo (levo) in zajemanje vzorca vode v čašo (desno) (Foto: R. Blagus)



Slika 8: Merjenje temperature in pH-ja (Foto: Z. Tisnikar Lamot)

3.2 Terensko delo

Terensko delo je potekalo v obliki meritev reke Pake. Začeli smo 25. oktobra 2021, nadaljevali 23. novembra 2021 in 19. decembra 2021. Izbrali smo tri lokacije srednjega toka Pake:

- **1. lokacija:** na mostu v naselju Paka pri Velenju (cesta proti Lopatniku), predno reka priteče v Velenjsko kotlino,
- **2. lokacija:** na mostu Koroške ceste v Velenju (pri Mizarstvu Meh), kjer se zaključi bivalni del mesta,
- **3. lokacija:** na mostu Partizanske ceste pri Premogovniku Velenje, kjer se zaključi industrijski del mesta.



Slika 9: Velenjska kotlina – označene lokacije terenskega dela (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Za beleženje podatkov smo si pripravili obrazec s sledečimi podatki:

- zaporedna številka meritve,
- datum meritve,
- lokacija,
- koordinate,
- čas trajanja meritve,
- temperatura reke,
- širina reke,
- hitrost rečnega toka.

Najprej smo izmerili širino in dolžino mosta. Hitrost rečnega pretoka smo dobili tako, da smo na eni strani vrgli v reko tretjino plutovinastega zamaška in sprožili štoparico, ki je merila čas, ko je zamašek pripotoval dolžino 10 m. Izmerjeni čas in dolžino poti smo vnesli v formulo za hitrost ($v = s/t$) in dobili rezultate. V reko smo lovilec mikroplastike spustili tako, da je bila odprtina obrnjena proti rečnemu toku. Zadnji konec vrvice smo privezali na ograjo in pustili, da je voda tekla skozi lovilec 30 minut. Med tem časom je potekalo merjenje temperature vode. Na dostopnem terenu se je eden spustil do rečne struge, zajel vodo v stekleno čašo, vanjo smo postavili termometer in odčitali vrednost. Podatke smo skrbno zapisali. S telefonskim fotoaparatom smo posneli motive naših dejavnosti in materialov. V rezultatih smo s tabelami predstavili vse podatke in dokazno slikovno gradivo. Raziskovalna tema je zelo aktualna.

Za terensko delo smo potrebovali naslednje pripomočke:

- mrežo za vzorčenje,
- termometer,
- steklena čaša,
- meter – merilni trak dolžine 10 m,
- plutovinaste zamaške,
- uro štoparico,
- beležko s pisalom,
- telefon, s katerim smo fotografirali.



Slika 10: Material za terensko delo (Foto: D. Lamot)

3.3 Delo v laboratoriju - metoda mikroskopiranja

Mreže smo posušili v garaži in nato spraznili na pladnje. V učilnici smo najprej s pladnja odstranili večje delce, vse drobne delce smo dali v petrijevko in opazovali pod stereo mikroskopom. Delce, ki so izstopali od naravnih materialov bodisi zaradi barve ali oblike, smo merili s pomočjo geotrikotnika, fotografirali skozi okular stereo mikroskopa in skrbno zabeležili rezultate.

Za mikroskopiranje smo potrebovali:

- petrijevke,
- pinceto,
- ravnilo - geotrikotnik,
- stereo mikroskop - lupa (euromex),
- posušen material ujet v mreži za vzorčenje,
- beležko s pisalom,
- fotoaparata.



Slika 11: Posušen material, ujet pri tretjem terenskem delu (Foto: D. Lamot)



Slika 12: Rok pri mikroskopiranju (levo) in merjenju delcev mikroplastike pod mikroskopom (desno) (Foto: D. Lamot)

3.4 Metode dela

Pri izdelavi raziskovalne naloge, ki je potekala od julija 2021 do konca februarja 2022, smo uporabili različne metode:

- terensko delo na treh lokacijah ob reki Paki v Velenjski kotlini;
- merjenje in izračun hitrosti rečnega pretoka;
- mikroskopiranje skozi stereo mikroskop – prepoznavanje delcev mikroplastike;
- merjenje velikosti delcev mikroplastike;
- empirična metoda, saj naloga temelji na opazovanju,
- fotografiranje raziskovalnega dela in rezultatov skozi objektiv stereo lupe;
- intervju s predstavnikom Eurofins-a Erico Slovenija in Komunalnega podjetja Velenje;
- urejanje podatkov;
- analiza in sinteza podatkov;
- zapis raziskovalne naloge in priprava predstavitve.



Slika 13: Vlečenje mreže iz reke (Foto: B. Mestnik)

4 REZULTATI

V poglavju metodologija smo že opisali način prepoznavanja mikroplastike v reki Paki na treh različnih lokacijah.

Izmerjena temperatura vode, se glede na jesensko obdobje, v katerem smo meritve opravljali, spreminja – znižuje, kar je razvidno iz spodnjih tabel z rezultati.

Za tem smo izmerili hitrost rečnega pretoka. Najprej smo z metrom na brežini določili razdaljo 10 m, nato je eden vrgel v reko tretjino malega plutovinastega zamaška, drugi pa s stoparico odčital čas, ki ga je potreboval za to pot. Ta podatek smo potrebovali pri izračunu delcev na m^3 vode. Po 30 minutah smo iz reke potegnili mrežo, ujet material posušili in sledilo je mikroskopiranje. V tabelah so podani podatki o meritvah in izračunu prisotnosti delcev mikroplastike na m^3 . Formulo smo povzeli iz brošure – »Projektna knjižica za mlade Plastic ptrates«. Opisane je izračun večjih delcev mikroplastike na 1000 litrov rečne vode.

Potrebovali smo naslednje podatke:

- hitrost toka m/s,
- velikost odprtine mreže za terensko delo,
- časovno obdobje, ko je bila mreža nameščena, v sekundah.

Podatke smo vnesli v enačbo:

število ~~mikroplastičnih~~ delcev v mreži

hitrost toka reke v m/s	x	površina mrežne odprtine v m^2	x	čas v sekundah, ko je bila mreža v vodi
----------------------------	---	-------------------------------------	---	--



Slika 14: Nameščena mreža v reki Paki (Foto: D. Lamot)

4.1 Prvo terensko delo

Na prvo terensko delo smo se odpravili 25. 10. 2021 ob 15.00 uri.

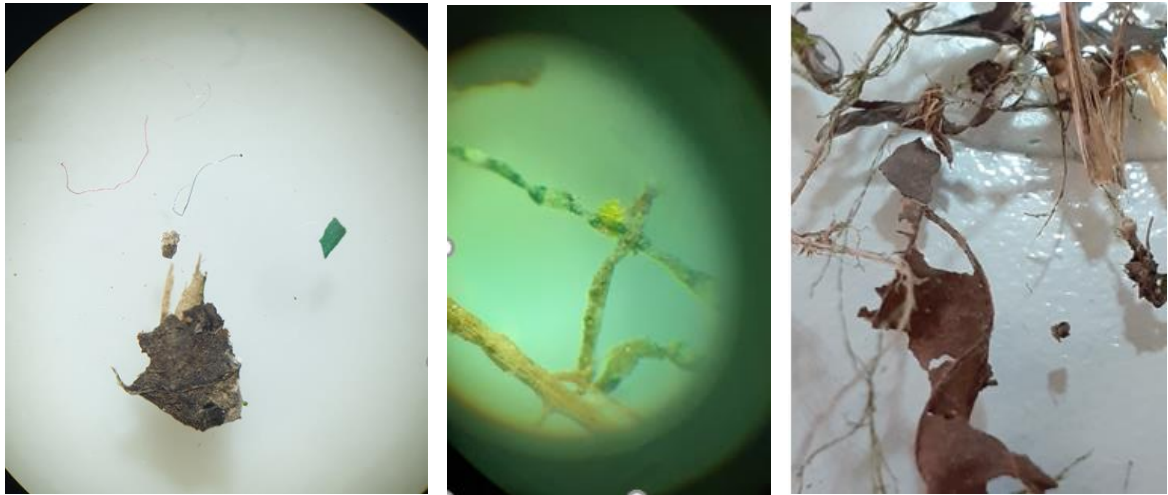
Tabela 1: Rezultati meritev prvega terenskega dela

Lokacija	Prisotnost mikroplastike	Temperatura vode	Hitrost rečnega pretoka
1. lokacija: naselje Paka pri Velenju, pri izvozu za Lopatnik	- 2 delca - 2 raznobarvni nitki - 0,04 delcev/m³	8,5 °C	0,5 m/s
2. lokacija: Koroška cesta v Velenju pri Mizarstvu Meh	- 2 delca - 3 raznobarvne nitke - 0,04 delcev/m³	9 °C	0,5 m/s
3. lokacija: Partizanska cesta pri Premogovniku Velenje	- 5 delcev - velika prisotnost papirja - 0,08 delcev/m³	9,5 °C	0,71 m/s

4.1.1 Rezultati prvega mikroskopiranja

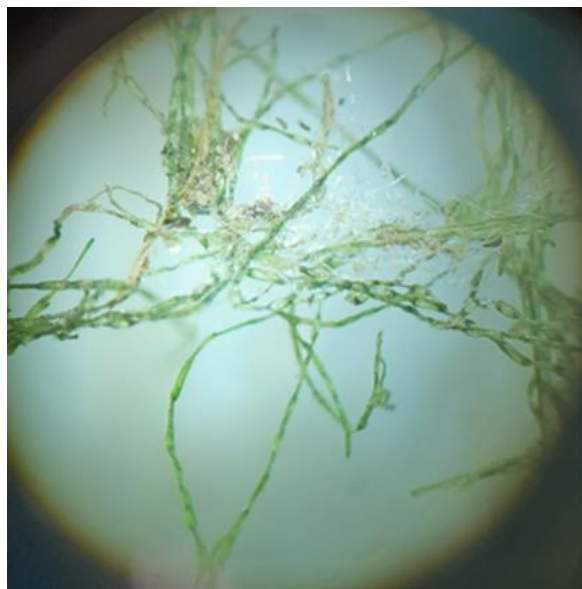
Pri mikroskopiranju materiala s prvega terenskega dela smo ugotovili:

- **1. lokacija:** prisotna sta delca mikroplastike zelene barve. Prvi meri v dolžino 1 mm in v širino 0,4 mm, ter drugi delec z velikostjo 0,7 mm v dolžino in v širino 0,3 mm. Skozi lupo stereo mikroskopa smo fotografirali mikroplastične delce in nitke. Fotografije so dokazi teh malih delcev, ki jih človeško oko ne zazna. Z ostrim vidom opazimo le mikroplastiko v velikosti 2 do 5 mm.



Slika 15: Delci mikroplastike pod stereo mikroskopom s prve lokacije (Foto: B. Mestnik)

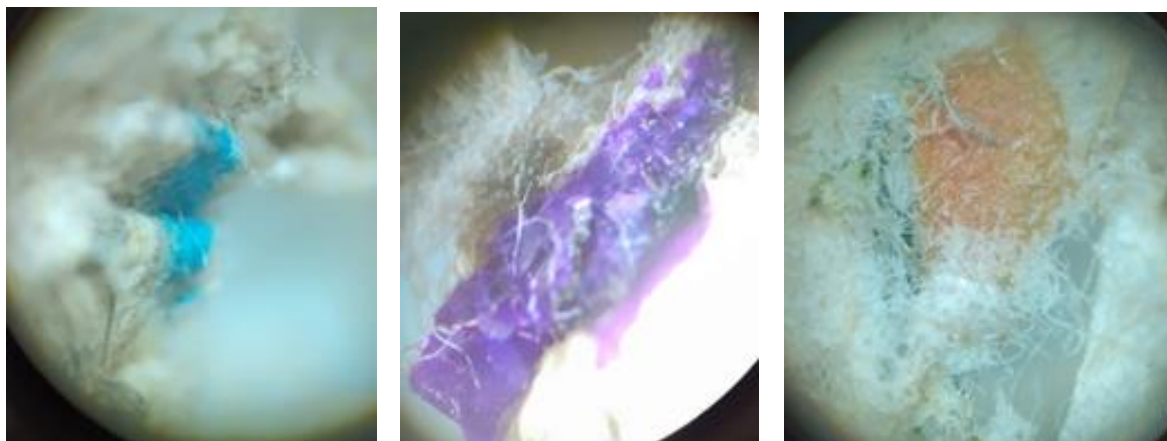
- **2. lokacija:** v drugi petrijevki smo zasledili majhne niti srebrne barve, ter majhen delec mikroplastike. Dolžine nitk nismo mogli izmeriti zaradi vejic, s katerimi so se prepletale, v širino pa so merile 0,1 mm. Delec, ki smo ga zasledili, pa je v dolžino meril 0,4 mm in v širino 0,2 mm.



Slika 16: Niti mikroplastike prepletene z algami (Foto: D. Lamot)

- **3. lokacija:** tu je bilo prisotnih pet delcev različnih barv. Vijolična delca sta merila 3 mm v dolžino in 0,4 mm v širino. Modra delca sta bila prepletana z listjem, v velikost pa sta merila 1 mm v dolžino, v širino pa 0,2 mm. Našli smo tudi oranžen košček,

kateremu velikosti nismo mogli izmeriti zaradi velike vsebnosti papirja, s katerim se je mikroplastika prepletala.



*Slika 17: Modri delec mikroplastike (levo), vijolični delec mikroplastike (na sredini), oranžni delec mikroplastike (desno)
(Foto: D. Lamot)*



Slika 18: Delci mikroplastike med papirjem (Foto: D. Lamot)

4.2 Drugo terensko delo

Na drugo terensko delo smo se odpravili 23. 11. 2021 ob 14.25 uri.

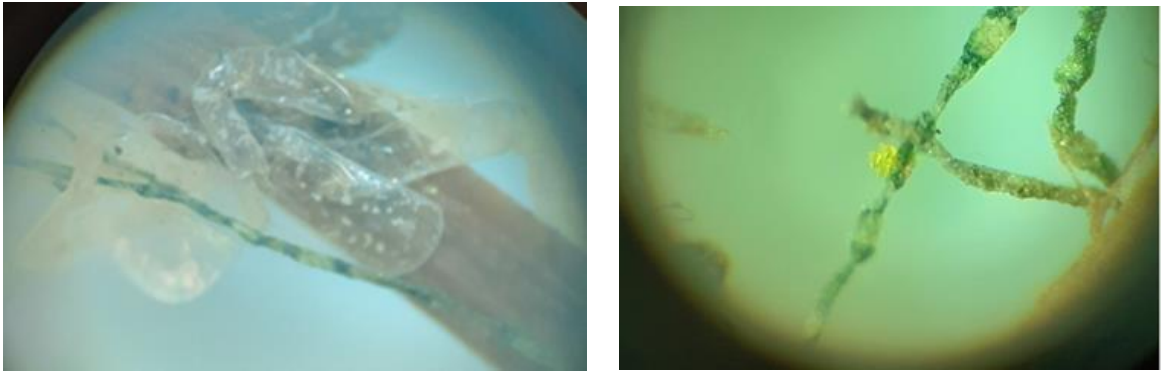
Tabela 2: Rezultati meritev drugega terenskega dela

Lokacija	Prisotnost mikroplastike	Temperatura vode	Hitrost rečnega pretoka
1. lokacija: naselje Paka pri Velenju pri izvozu za Lopatnik	- 1 delec - 2 modrikasti nitki - 0,02 delca/m³	8 °C	0,5 m/s
2. lokacija: Koroška cesta v Velenju pri Mizarstvu Meh	- 2 delca - 3 prozorne nitke - 0,04 delcev/m³	9 °C	0,5 m/s
3. lokacija: Partizanska cesta pri Premogovniku Velenje	- 3 delci - 6 črne in prozorne nitke - 0,05 delcev/m³	7 °C	0,63 m/s

4.2.1 Rezultati drugega mikroskopiranja

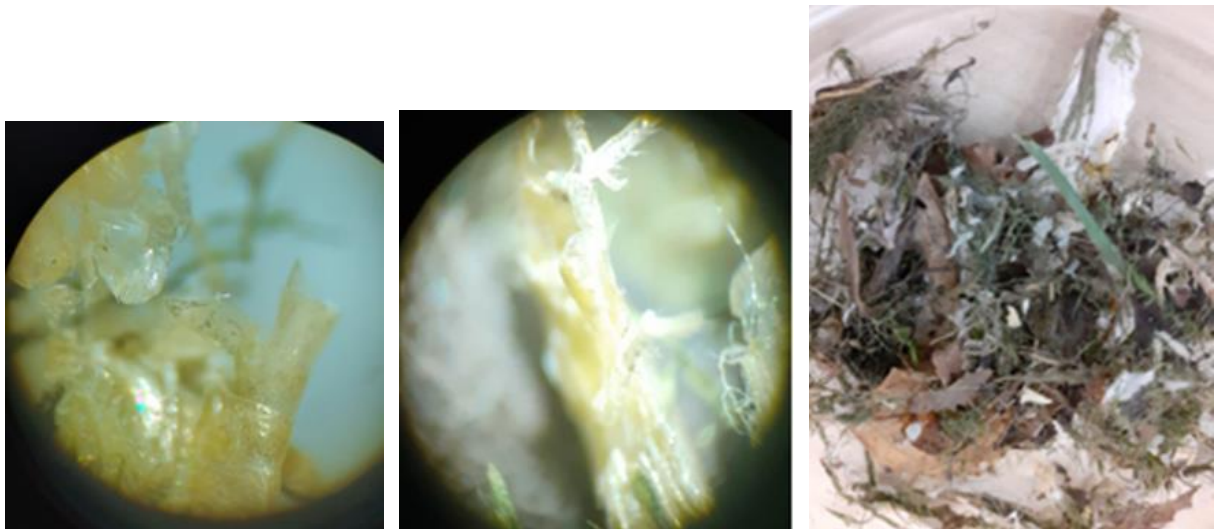
Mikroskopiranje smo nadaljevali z materialom, zbranem pri drugem terenskem delu, in našli smo sledeče:

- **1. lokacija:** okoli naravnega rastja smo zasledili modrikaste niti različnih velikosti, ter prav tako manjši delec v obliki prozornega filma. Velikost je težko izmeriti, ker je naguban, ovit okoli tanjše veje. Dolžina delca mikroplastike je približno 0,7 mm, širina 0,4 mm.



Slika 19: Delci mikroplastike, ujeti pri drugi meritvi v Paki pri Velenju (Foto: R. Blagus)

- **2. lokacija:** mikroplastika je bila zaznana v obliki polivinila, trije delci dolžine 0,8 mm in širine 0,2 mm.



Slika 20: Delci mikroplastike v obliki polivinila (Foto: R. Blagus)

- **3. lokacija:** našli smo nitke, ki so merile 5 mm v dolžino, v širino pa manj od 0,1 mm, zasledili pa smo tudi koščke zelene, bele in prozorne barve, enake velikosti: 0,5 mm v dolžino in 0,3 mm v širino.



Slika 21 Delci mikroplastike, ujeti pri Premogovniku Velenje – levo slika skozi lupo stereo mikroskopa, desno slika materiala v petrijevki (Foto: R. Blagus)

4.3 Tretje terensko delo

Na tretje terensko delo smo se odpravili 19. 12. 2021 ob 14.15 uri.

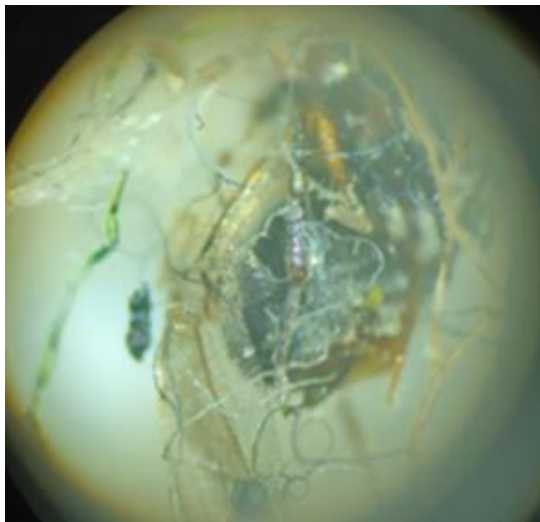
Tabela 3: Rezultati meritev tretjega terenskega dela

Lokacija	Prisotnost mikroplastike	Temperatura vode	Hitrost rečnega pretoka
1. lokacija: Naselje Paka pri Velenju pri izvozu za Lopatnik	- 1 delec - 3 raznobarvne nitke - 0,01 delec/m³	5 °C	0,8 m/s
2. lokacija: Koroška cesta v Velenju pri Mizarstvu Meh	- 3 delci - 3 raznobarvne nitke - 0,03 delcev/m³	5 °C	1 m/s
3. lokacija: Partizanska cesta pri Premogovniku Velenje	- 5 delcev - 8 raznobarvnih nitk - 0,06 delcev/m³	4 °C	1 m/s

4.3.1 Rezultati tretjega mikroskopiranja

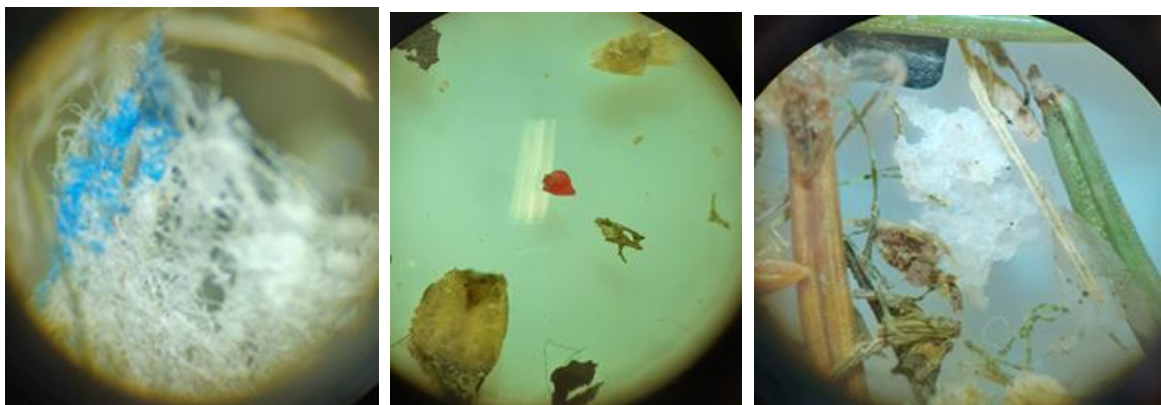
Tudi pri materialu, ki smo ga dobili pri tretjem terenskem delu, smo našli kar nekaj plastičnih delcev:

- **1. lokacija:** bil je prisoten delec polivinilne vrečke, v obliki prozornega filma, prepletenega z naravnim materialom v velikosti $0,8 \text{ mm} \times 0,4 \text{ mm}$ in srebrna nitka.



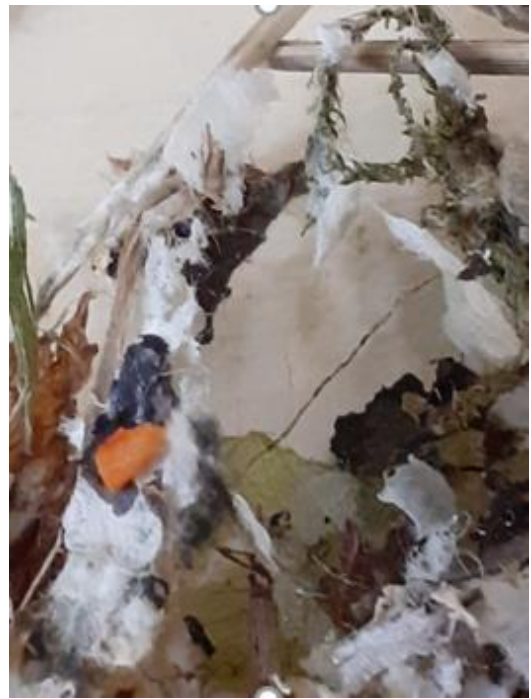
Slika 22: Delec in nitke mikroplastike pri tretji meritvi v Paki pri Velenju (Foto: D. Lamot)

- **2. lokacija:** skozi elektronsko lupo smo opazili dva prozorna in en rdeč delec, ki smo ga odstranili od naravnega materiala in mu namerili v dolžino 1 mm, v širino pa 0,5 mm. Ostalim delcem velikosti ni bilo mogoče nameriti, saj so bili prepleteni med plasti posušenega odpadnega, v reko spuščenega papirja.

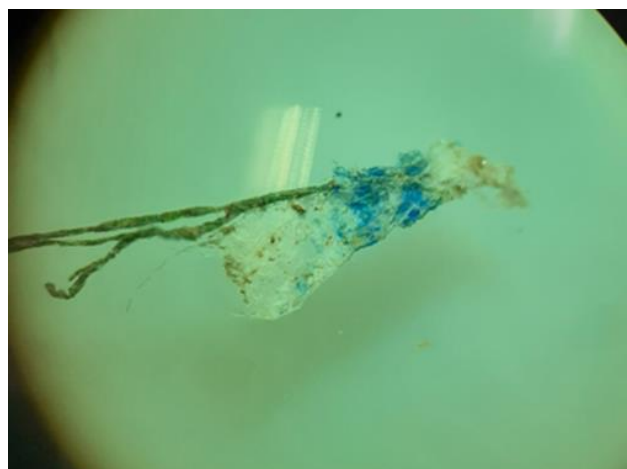
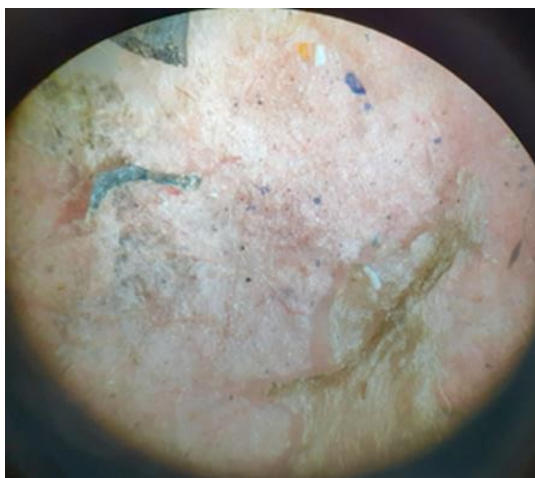


Slika 23: Delci mikroplastike med rastlinskim materialom pri tretji meritvi za bivalnim delom Velenja (Foto: D. Lamot)

- **3. lokacija:** našli, prepoznali smo pet delcev mikroplastike: dva oranžna v obliki mrežice in velikosti 3 mm dolžine, 1 mm širine, ter prav tako dva črna podobne oblike in velikosti. Prisoten je bil tudi moder delec, ki se prepleta s papirnimi vlakni. Gre za kosček polivinila, velikosti 0,3 x 0,8 mm,



Slika 24: Delci mikroplastike pri tretji meritvi na lokaciji Premogovnika Velenje – levo slika skozi lupo stereo mikroskopa, desno slika materiala v petrijevki (Foto: D. Lamot)



Slika 25: Delci mikroplastike med papirjem pri tretji meritvi Premogovnik Velenje (levo) in polivinil ovit okoli palčke (desno) (Foto: D. Lamot)

4.4 Plastični odpadki na rečni brežini

V naselju Paka pri Velenju (prva lokacija terenskega dela), kjer smo opravljali meritve, smo opazili, da nekateri domačini odlagajo plastične in biološke odpadke ob rečno brežino. Plastične odpadke (embalaža pasje, mačje hrane, pločevinke) smo pobrali dvakrat (novembra in decembra) in jih odložili v zabojnik za ločevanje odpadkov. V času obilnega deževja bi plastična embalaža zdrsela v reko in jo onesnažila. Če se bi kje zataknila, bi razpadala več kot 100 let in v reki ter posledično v morju bi se povečal delež mikroplastike.

Oblikovali smo napis: **NE ODLAGAJ ODPADKOV! OHRANIMO ČISTO REKO PAKO!** Napis smo vgravirali v leseno tablo, ki smo jo privezali na mostno ograjo. Upamo, da bodo domačini prenehali s svojo grdo navado in plastične odpadke odvrgli v zabojnike.



Slika 26: Plastični odpadki na rečni brežini (Foto: Z. Tisnikar Lamot)



Slika 27: Pričvrstitev opozorilnega napisa na ograjo mostu v Paki pri Velenje (Foto: Z. Tisnikar Lamot)

4.5 Intervju z gospo Natašo Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva

Ga. Nataša Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva je zaposlena v Komunalnem podjetju Velenje kot vodja službe za tehnologije in nadzor. Zastavili smo ji štiri vprašanja.

1. Na katerih lokacijah se v reko Pako na območju Velenja iztekajo izpusti komunalnih in industrijskih voda?

Iztok iz Centralne čistilne naprave Šaleške doline v reko Pako je na lokaciji naprave, torej v Šoštanju. Izpust iz industrijske čistilne naprave Gorenje je v Velenju, na lokaciji naprave (območje razstavnega salona Jakec).

Zaradi mešanega kanalizacijskega sistema na območju občin Velenje-Šoštanj se lahko ob zelo močnem deževju iz kanalizacijskega sistema preko objektov za razbremenitev (razbremenilniki) v reko Pako preliva neprečiščena komunalna odpadna voda. Če pride do teh dogodkov, je ta odpadna voda zaradi deževja močno razredčena, preliva pa se samo takrat, ob takšnih deževnih razmerah. Razbremenilniki (na sistemu jih je 5 - Dijaški dom, Gorica - Šalek, Hudovernik, Gorenje, Mercator Šoštanj) so na kanalizacijskem sistemu zgrajeni zaradi varnosti, da ob hidravlični preobremenitvi ne prihaja do tega, da bi voda iz kanalizacije zalivala stanovanjske objekte in ceste.

2. Kam odlagate odpadke iz čistilne naprave, ki skrbi za čiščenje komunalnih in industrijskih voda na območju Velenja?

Centralna čistilna naprava Šaleške doline (CČN) je komunalna čistilna naprava, na kateri se čistijo komunalne odpadne vode in njim podobne odpadne vode iz industrije (komunalne vode iz industrije). Na napravi ne čistimo industrijskih odpadnih vod.

V procesu čiščenja odpadnih vod na čistilni napravi nastajajo trdi odpadki:

- ostanki na grabljah in sitih,
- pesek,
- anaerobno stabilizirano dehidrirano blato.

Vse odpadke predamo predelovalcem odpadkov in sicer gresta prva dva na obdelavo v regijski center za obdelavo odpadkov Simbio, blato pa predamo na obdelavo pooblaščenemu predelovalcu tovrstnih odpadkov.

3. Med raziskovalnim delom smo na meritvenem mestu, most pri Premogovniku Velenje, v mrežo ujeli veliko papirja, delcev mikroplastike in drugih plavajočih delcev. Zanima nas, na kateri lokaciji lahko komunalne odpadke izpustijo v reko Pako?

V literaturi je pojem »mikroplastika« namenjen delcem plastike, ki so manjši od 5 mm. Prav tako najdemo podatke, da mikroplastika vstopa v sladkovodna okolja po različnih poteh, sem sodi tudi odvajanje komunalne odpadne vode, uporaba blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu, izcednih voda na odlagališčih, površinskega odtoka (o transportu mikroplastike s površinskimi vodami je malo znanega) in iz atmosferskih virov.

Kako so ti delci, ki ste jih našli v Paki, vanjo zašli, vam bi težko razložila, ker ne vem. Lahko pa predvidevamo, da so prišli npr. po zraku iz parkirišč (veter), morebitnih direktnih iztokov padavinske vode iz parkirišč ali pa iz nedovoljenih (črnih) izpustov v reko.

Premogovnik Velenje ima vse komunalne odpadne vode speljane v kanalizacijo, preko kolektorja ta voda doteka na CČN in se tu prečisti pred izpustom v reko Pako.

Na to vprašanje (izpusti na območju Premogovnika) vam bi lahko boljše odgovorili v podjetju Premogovnik Velenje, d.o.o..

4. Reka Paka velja na območju Velenjske kotline za čisto reko. Kaj menite, kje je vzrok, da so v njej prisotni tudi delci mikroplastike?

Vaš pojem »čista reka« je lahko zelo širok, na splošno pa je o tem zelo težko govoriti. Kakovost površinskih voda se z namenom varovanja voda pred vplivi obremenitev, kot so onesnaževanje voda in morja, odvzemi vode, fizične spremembe vodnega in obvodnega prostora in podobno, redno spremlja v okviru državnega monitoringa stanja voda. Na podlagi monitoringa, ki se izvaja s sistematičnimi meritvami ali drugimi metodami ter z njimi povezanimi postopki, v prvi vrsti ugotavljamo vplive na kemijsko in ekološko stanje površinskih voda.

Če pogledamo načine ocenjevanja kakovosti vodotokov, potem lahko govorimo o kemijskem in ekološkem stanju voda.

Kemijsko stanje površinskih voda, to je vodotokov, jezer in morja, ocenjujemo na podlagi meritev kemijskih onesnaževal v vodi in organizmih.

Ekološko stanje voda nam pove, v kakšnem stanju so združbe alg, rastlin in živali v vodnih ekosistemih rek, jezer in obalnega morja ter koliko je ohranjeno njihovo življenjsko okolje. Ugotavljamo ga na podlagi dolgoročnega in sistematičnega spremljanja vrstne sestave in številčnosti pritrdjenih alg (fitobentos, makroalge), planktonskih alg (fitoplankton), višjih vodnih rastlin (makrofiti), drobnih živalic na dnu strug, obalnih predelov jezer in morja (bentoški nevretenčarji) in rib. S spremljanjem splošnih fizikalno-kemijskih elementov kakovosti, posebnih onesnaževal in hidromorfoloških elementov kakovosti spremljamo tudi stanje življenjskega okolja bioloških elementov kakovosti.

Iz spodnjih dveh kart (so javno dostopne na spletni strani MOP ARSO) lahko vidimo, da je reka Paka uvrščena glede na kemijsko stanje v razred dobre in pri posebnih onesnaževalih v zelo dobro stanje, pri ekološkem stanju pa je Paka na našem območju uvrščena v zmerno stanje. Če pogledamo stanje v Sloveniji, to ne velja za vse vodotoke, tako da še vedno lahko govorimo, da je Paka »čista« reka.

Vrednotenja stanja vodotokov, ki so predpisana, se izvajajo in tudi nenehno dopolnjujejo. Žal je mikroplastika prisotna že povsod v okolju, tudi v pitni vodi in v organizmih (tako živalih kot ljudeh), kar se pa tiče konkretnih podatkov o vrednostih le te v Paki pa jih žal nimamo.

4.6 Intervju z g. Rokom Špindlerjem mag. inž. kemijske tehnike

G. Rok Špindler mag. inž. kemijske tehnike je zaposlen v Eurofins Erico Slovenija d.o.o. kot vodja projektov za področje vode in zraka. Zastavili smo mu pet vprašanj.

1. Katere parametre spremljate pri toku reke Pake (npr. temperaturo vode, njeno vrednost pH, hitrost rečnega pretoka...)?

Spremljamo temperaturo, pH, kisik, specifična električna prevodnost, motnost, pretok, suspendirane snovi, KPKd (kemijska potreba po kisiku), BPK5 (biokemijska potreba po kisiku), amonij, nitrat, nitrit, ortofosfat, sulfat, klorid, celotni fosfor, celotni dušik, AOX (adsorbljivi organski halogeni), celotna trdota, svinec, nikelj, baker, cink, krom, molibden, mangan in preiskave bioloških elementov kakovosti - fitobentos in bentoške nevretenčarje.

2. Kako pogosto in kje spremljate imenovane parametre?

Parametre spremljamo 4x na leto na treh lokacijah: Selo nad Velenjem (pod mostom ceste za Trebeliško), v Velenju (pod mostom čez Pako - za mizarstvom Meh) in v Pesju (za Gorenjem, ob vrtovih, za ovinkom reke Pake, kjer se struga izravna proti klasirnici).

3. Ali ste kdaj na primeru reke Pake izmerili rezultate, ki odstopajo od normalnih vrednosti oz. je bila reka onesnažena?

Reka Paka dosega dobro kemijsko in ekološko stanje, stanje je takšno že od leta 2006. Vrednosti izmerjenih parametrov so torej v tem času ostajale približno enake.

4. Ali spremljate tudi prisotnost delcev mikroplastike v reki Paki?

Prisotnosti delcev mikroplastike žal ne spremljamo.

5. Kaj menite, koliko plastika, mikroplastika uničuje našo reko na območju Velenjske kotline?

Ker prisotnosti mikroplastike ne spremljamo, nimamo podatkov, na podlagi katerih bi lahko ocenili njihov vpliv na reko Pako.

5 RAZPRAVA

Dosledno zbiranje podatkov in empirične ugotovitve so temelji našega raziskovalnega dela. S pridobljenimi rezultati smo potrdili, delno potrdili ali ovrgli načrtovane štiri hipoteze.

Prvo hipotezo, *preden reka Paka priteče v Velenjsko kotlino, v vodi ni prisotna mikroplastika*, lahko ovzamemo.

Reka Paka, ki teče skozi Velenje, izvira na jugozahodnem pobočju Pohorja, pod vrhom Volovice. Po Vitanjskem podolju se njen tok usmeri proti severozahodu, nato zavije na jug v ozko sotesko Huda luknja. Svojo pot nadaljuje po ozki dolini skozi razpotegnjeno naselje Paka pri Velenju, potem priteče v Velenjsko kotlino.

Naša prva lokacija za opravljanje meritev, je bila na mostu v naselju Paka, kjer cesta zavije proti Lopatniku. Terensko delo smo ponovili trikrat: oktobra, novembra in decembra. Ujet material v mreži za vzorčenje mikroplastike smo posušili, nato mikroskopirali. Skozi elektronsko lupo smo opazovali prisotnost mikroplastike: prvič sta bila prisotna dva delca mikroplastike ali $0,05 \text{ delcev/m}^3$, drugič en delec ali $0,02 \text{ delca/m}^3$, tretjič tudi eden ali $0,01 \text{ delcev/m}^3$. Poleg delcev smo našli tudi več raznobarnih nitk, katerih velikosti nismo znali navesti. Za izračun števila delcev na m^3 rečne vode smo potrebovali podatke: hitrost toka m/s , velikost odprtine mreže za terensko delo, časovno obdobje, ko je bila mreža nameščena, v sekundah. Ugotovili smo, da so delci mikroplastike prisotni v reki Paki, še preden priteče v Velenje. Ampak, njihov delež je zelo majhen.

Opazili smo, da tamkajšnji domačini odlagajo biološke in plastične odpadke kar na rečno brežino ob mostu. To nas je presenetilo, saj njihovo početje povečuje onesnaženost reke. Trikrat smo pobrali plastične odpadke. Odločili smo se in namestiti opozorilni napis.

Drugo hipotezo, *največ mikroplastike v reki Paki je prisotne za industrijskim delom mesta*, lahko potrdimo.

Reka Paka teče skozi vso mesto Velenje in vse dosegljive smeti, industrijske odpadne vode nosi s sabo. Industrijski del mesta se konča pri Premogovniku Velenje. Tukaj je bila naša tretja

lokacija terenskega dela. Meritve smo opravljali trikrat (oktobra, novembra, decembra). Na most čez Pako smo za trideset minut privezali mrežo za vzorčenje mikroplastike. Medtem smo izmerili hitrost pretoka v m/s in temperaturo vode. Že z mostu smo opazili, da je reka bolj motna, onesnažena. Ulovljen posušen material smo mikroskopirali in ugotovili, da je prisotnost papirja in delcev mikroplastike večja kot na prvi in drugi meritveni lokaciji. Prvič smo skozi elektronsko lupo opazili pet delcev ali $0,08 \text{ delcev/m}^3$, drugič tri ali $0,05 \text{ delcev/m}^3$ in tretjič tudi pet delcev ali $0,06 \text{ delcev/m}^3$. Na osnovi pridobljenih rezultatov lahko drugo hipotezo potrdimo. Glede na lanske rezultate projekta Plastic Pirates, ki so bili objavljeni v članku *Mikroplastika v slovenskih rekah: Sava najbolj onesnažena* (Sava med Krškim in Brežicami ($1,2 \text{ delca/m}^3$), Kamniška Bistrica v Domžalah ($0,6 \text{ delcev/m}^3$)), je prisotnost delcev mikroplastike v Paki zelo majhna. Zadovoljni smo s spoznanjem, da je Paka čista reka.

Presenetila nas je precejšnja prisotnost papirja. Pri intervjuju z go. Natašo Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva, zaposleno v Komunalnem podjetju Velenje kot vodja službe za tehnologije in nadzor, smo zastavili vprašanje, kje je industrijski ali komunalni izpust v Pako, ki s sabo nosi papirne odplake. Odgovorila je: »izpusti iz industrijske čistilne naprave Gorenje je v Velenju, na lokaciji naprave (območje razstavnega salona Jakec).« Glede večje prisotnosti mikroplastike je napisala svoje mnenje: »Kako so ti delci, ki ste jih našli v Paki vanjo zašli, vam bi težko razložila, ker ne vem. Lahko pa predvidevamo, da so prišli npr. po zraku iz parkirišč (veter), morebitnih direktnih iztokov padavinske vode iz parkirišč ali pa iz nedovoljenih (črnih) izpustov v reko.« Spoznali smo razloge, ki povzročajo občasno onesnaževanje reke Pake za industrijskim delom Velenja.

Tretjo hipotezo, ***hitrost rečnega pretoka vpliva na prisotnost mikroplastike v reki Paki***, smo z raziskavo delno potrdili.

Hitrost pretoka reke v m/s je del enačbe pri izračunu mikroplastike na 1000 litrov rečne vode. Ni pa edini pokazatelj. Poleg hitrosti toka se upošteva tudi površina odprtine mreže za vzorčenje v m^2 in čas, ko je bila mreža za vzorčenje v vodi, pretvorjen v sekunde. Število mikroplastičnih delcev ujetih v mreži delimo z navedenimi podatki (glej formulo na strani 17).

Meritve hitrosti vodnega toka smo opravili na razdalji 10 metrov. Na rečni brežini smo si najprej z metrom izmerili imenovano razdaljo. Na začetku odmerjene dolžine je eden vrgel v reko

tretjino plutovinastega zamaška, drugi pa s štoparico odčital čas, ki ga je zamašek potreboval za pot. Sledil je izračun: $v = s / t$ (m/s). Razdalja v metrih (10 m) se deli s časom potovanja plute (v sekundah) in dobimo rezultat hitrosti pretoka. Ta podatek je zadostoval za izračun deleža mikroplastike v Paki.

Menimo, da hitrost rečnega pretoka lahko vpliva na povečano prisotnost mikroplastike v reki. Ob obilnem deževju in taljenju snega, gladina vode v rečni strugi naraste in spira, nosi s sabo še tiste odpadke, ki so ležali na rečni brežini. Lahko so zelo majhni delci ali večji kosi odpadkov. Vzroki za onesnaženost vodnih virov so: gostota poselitve, intenzivnost kmetijstva, industrija, promet... Z ekološkega vidika je potrebno prebivalce seznanimi, da onesnaževanje s plastiko predstavlja velik problem in naj se izogibajo uporabi plastičnih vrečk.

Četrto hipotezo, da ***prisotnost delcev mikroplastike na m³ reke Pake redno spremljata Komunalno podjetje Velenje in Eurofins Erico***, smo na osnovi intervjujev ovrgli.

Zaradi ukrepov za zaježitev koronavirusa smo intervju izvedli na daljavo, preko elektronske pošte. Štiri vprašanja smo zastavili ge. Nataši Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva zaposleni v Komunalnem podjetju Velenje kot vodja službe za tehnologije in nadzor, pet vprašanj pa g. Roku Špindlerju mag. inž. kemijske tehnike, zaposlenemu v Eurofins Erico Slovenija d.o.o. kot vodja projektov za področje vode in zraka.

Izvedeli smo, da Komunalno podjetje Velenje med drugim skrbi za odvajanje in čiščenje komunalne ter padavinske odpadne vode, Inštitut Eurofins Erico pa se ukvarja z različnimi ekološkimi raziskavami na področju reke Pake in tudi celotne Slovenije. Obe podjetji strokovno spremljata kemijsko in ekološko stanje reke Pake. Prisotnosti delcev mikroplastike v reki pa podjetji ne spremljata. Zato menimo, da je naša raziskovalna naloga koristna in aktualna.

Ga. Uranjek iz Komunalnega podjetja Velenje nam je predstavila, da je iztok komunalnih in padavinskih vod iz Centralne čistilne naprave za Šaleško dolino v reko Pako v Šoštanju. Poleg tega imata občini Velenje in Šoštanj mešan kanalizacijski sistem, iz katerega se lahko ob zelo močnem deževju preko tako imenovanih razbremenilnikov v reko Pako preliva neprečiščena komunalna odpadna voda. Če pride do teh dogodkov, je ta odpadna voda zaradi deževja močno razredčena, preliva pa se samo ob močnem deževju. Razbremenilniki (na sistemu jih je 5) so

na kanalizacijskem sistemu zgrajeni zaradi varnosti, da ob hidravlični preobremenitvi ne prihaja do tega, da bi voda iz kanalizacije zalivala stanovanjske objekte in ceste.

V različni literaturi o mikroplastiki lahko najdemo podatke, da mikroplastika vstopa v sladkovodna okolja po različnih poteh, kamor sodi odvajanje komunalne odpadne vode, uporaba blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu, izcednih voda na odlagališčih, površinskega odtoka in iz atmosferskih virov. Tako ona predvideva, da so prišli mikroplastični delci v reko Pako ali po zraku iz parkirišč (veter) ali preko morebitnih direktnih iztokov padavinske vode iz parkirišč ali pa iz nedovoljenih (črnih) izpustov v reko.

6 ZAKLJUČEK

Aktualni ekološki problemi in ogroženost naravnih ekosistemov so posledica raznovrstnih dejavnosti človeštva. Pri tem predstavlja globalni problem mikroplastika v vodnih virih, saj reke prinesejo v morja največ razpadlih delcev nakupovalnih vrečk, pakirnih in kmetijskih folij... Mikroplastika je vsak sintetični trdni delec oziroma polimer pravilne ali nepravilne oblike, velikosti med 1 μm in 5 mm in je v vodi netopen. Leta 2021 je potekal evropski projekt Plastic Pirates – Go Europe s ciljem ugotoviti delež mikroplastike v rekah ter opozoriti na tovrstni okoljski problem.

Z raziskovalno nalogo smo raziskali prisotnost delcev mikroplastike v reki Paki na območju Velenjske kotline. Po pregledu virov in literature, smo se lotili terenskega dela na treh lokacijah:

- v naselju Paka pri Velenju (cesta proti Lopatniku), predno reka priteče v Velenjsko kotlino,
- na mostu Koroške ceste v Velenju (pri Mizarstvu Meh), kjer se zaključi bivalni del mesta,
- na mostu Partizanske ceste pri Premogovniku Velenje, kjer se zaključi industrijski del mesta.

Meritve smo opravili trikrat (oktobra, novembra, decembra). Sledilo je laboratorijsko delo, prepoznavanje mikroplastike skozi okular stereo mikroskopa. Prešteli smo opažene delce in izmerili njihovo velikost. Na osnovi hitrosti rečnega pretoka, velikost odprtine mreže za vzorčenje in časovnega obdobja, ko je bila mreža nameščena v reki (v sekundah), smo

izračunali delež delcev mikroplastike na 1000 litrov rečne vode (delcev/m^3). Ugotovili smo, da je prisotnost mikroplastike v Paki na območju Velenja zelo majhna. Nekoliko večji delež je bil prepoznan na tretji lokaciji pri Premogovniku Velenje. Z raziskavo smo potrdili, da je Paka čista reka. Vsi prebivalci (in obiskovalci) mesta moramo prevzeti spoštljiv odnos do okolja, se izogibati plastičnim vrečkam in odlagati, ločevati odpadke v zabojnike.

Med terenskim delom smo na prvi lokaciji opazili, da nekateri domačini odvržejo plastične in biološke odpadke na rečno brežino. To nas je presenetilo, saj njihovo početje ogroža čistost Pake. Pobrli smo plastične embalaže, pločevinke in na most namestili opozorilni napis.

Z intervjujem vodje službe za tehnologije in nadzor Komunalnega podjetja Velenje (ga. Nataša Uranjek) in vodjo projektov za področje vode in zraka v Eurofins Erico (g. Rok Špindler) smo izvedeli, da nobeno podjetje ne spremlja prisotnosti mikroplastike v Paki. Opravljajo raznolike meritve, ki potrjujejo čistost reke, med drugim tudi pH vrednost in hitrost rečnega pretoka. Komunalne vode se v Pako iztekajo iz Centralne čistilne naprave Šaleške doline v Šoštanju. Industrijske vode iz tovarne Gorenje se izpustijo v reko iz industrijske čistilne na lokaciji območja nekdanjega razstavnega salona Jakec. Zagotovo se je v mrežo za vzorčenje ujelo precej papirja zaradi izliva odpadne industrijske vode. Zanimiva nam je bila informacija, da se ob zelo močnem deževju iz kanalizacijskega sistema preko objektov za razbremenitev (razbremenilniki) v reko Pako preliva neprečiščena komunalna odpadna voda, ampak je zaradi deževja močno razredčena.

Načrtovane cilje smo dosegli. Spoznali smo različne vzroke za prisotnost mikroplastike v reki: delci lahko pridejo po zraku, kadar je veter, iz direktnih iztokov padavinske vode s parkirišč ali nedovoljenih izpustov, odpadkov v reko. Iz literature pa vemo, da na razkroj plastike v manjše delce močno vpliva sonce in višja temperatura. Zanimivo bi bilo opravljati raziskovalno delo v toplejših mesecih in primerjati rezultate. Naše terensko delo je potekalo v jesensko-zimskem času, temperature so bile dokaj nizke, izognili pa smo se padavinam.

Spoznali smo, da so rezultati naše naloge koristni in aktualni, zato predlagamo, da bi se raziskave ponovile čez pet ali deset let. Vsekakor pa je potrebno, da potrošniki uporabljamo čim manj polivinilnih vreč, odpadke skrbno odlagamo v zabojnike in varujemo, ohranjamo, spoštujemo naše okolje.

7 POVZETEK

Raziskovalno nalogo z naslovom »Prisotnost mikroplastike v reki Paki na območju Velenja« smo opravljali na terenu, v laboratoriju in pred računalnikom. Meritve smo izvedli na treh lokacijah ob reki: preden Paka priteče v Velenje (v naselju Paka pri Velenju), kjer se zaključi bivalni del mesta (pri mizarstvu Meh) in industrijski del mesta (pri Premogovniku Velenje). Z načrtnim terenskim delom smo pridobili ključne podatke za nadaljnje dejavnosti: hitrost rečnega pretoka, temperaturo reke in material za mikroskopiranje. Posušen ujet material smo opazovali skozi povečevalno lupo in prepoznali število delcev mikroplastike. Na osnovi izbranih podatkov smo izračunali delež delcev na m³ vode. V povprečju je v reki Paki na območju Velenja 0,05 delcev/m³.

Ugotovili smo, da je količina mikroplastičnih delcev v Paki zanemarljiva. Zadovoljno lahko poudarimo, da je onesnaženost reke z mikroodpadki zelo majhna. Največ delcev smo opazili za industrijskim delom mesta, najmanj pa v naselju Paka, preden reka priteče v Velenje. Ključen vzrok za takšne rezultate so izpusti v reko iz industrijske čistilne naprave Gorenje. Opazili smo tudi, da nekateri domačini naselja Paka pri Velenju odlagajo biološke in plastične odpadke na rečno brežino. To nas je presenetilo, saj njihovo početje povečuje onesnaženost reke. Zato smo namestili opozorilni napis.

Na osnovi zbranih podatkov in ugotovitev smo opravili intervju z vodjo službe za tehnologije in nadzor v Komunalnem podjetju Velenje in vodjo projektov za področje vode in zraka v Eurofins Erico Slovenija d.o.o.. Spoznali smo, da strokovno opravljajo različne ekološke in kemijske meritve, analize ter skrbijo za čistost reke. Vodja službe za tehnologije in nadzor v Komunalnem podjetju Velenje nam je povedala, da je iztok komunalnih vod iz Centralne čistilne naprave Šaleške doline v Pako na območju sosednjega mesta Velenja v Šoštanju. Raziskave o prisotnosti delcev mikroplastike ne spremljajo, mogoče bodo v naslednjem desetletju. Menimo, da so rezultati naše naloge koristni in aktualni.

8 SUMMARY

Our research thesis with the title »Presence of microplastic in the Paka river in Velenje area« is based on the field research as well as the laboratory analysis, and the use of computer. Measurements were made on three different locations of the river; at the river inflow into Velenje (settlement Paka Velenje), the place where the living and industrial part of the town finishes (carpentry Meh) and the industrial part of the town (Coal mine Velenje). With well-planned work, we gained information to continue with further activities; the speed of the river flow, the temperature of the river and material for microscopic analysis. We observed dried material through the magnifying glass and recognized some parts of microplastic. According to the gathered data, we calculated the share of particles in m³ of water. There are on average 0,05 particles/m³.

We found out that the amount of microplastic parts in the Paka river is negligible. We are pleased to emphasize that micro waste pollution of the river is really low. The most parts were noticed in the industrial part of the town and the least in Paka settlement at the river inflow into town. The main reason for these results is the sewage into the river from the industrial cleaning plant Gorenje. We also noticed that some residents of Paka settlement deposit biological and plastic waste on the river shore. That was a surprise to us as this causes bigger pollution. That was the reason for putting a warning sign there.

According to gathered information, we did an interview with the head of the technology and control in Public utility Velenje as well as the head of the projects for water and air in Eurofins Erico Slovenia Ltd. We have learned that they are doing different professional ecological and chemical measurements, analysis, and taking care of clean water. We also interviewed an employee of Public utility company Velenje. We found out that the outflow of communal line from the Central cleaning plant of Šaleška valley is in Šoštanj, the town near Velenje. Researches about microplastic in the river have not been made so far but maybe in the next decade. We believe that the results of our assignment are useful and relevant.

9 VIRI IN LITERATURA

Pisni viri:

- [1] Z mikroplastiko najbolj onesnažena reka Sava (2021, 16. september) | Dnevnik
- [2] Bevc, V. 1997. Pouk geografije v naravi. Zavod republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana

Ustni viri:

- [3] Uranjek, N. uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva, 18. 12. 2021
- [4] Špindler, R. mag. inž. kemijske tehnike, 22.12. 2021

Elektronski viri:

- [5] http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Ars
- [6] Kralj, A. Mikroplastika v slovenskih rekah: Sava najbolj onesnažena
<https://www.caszazemljo.si/ekologija/sava-najbolj-onesnazena-z-mikroplastiko.htm> (16. 12. 2021)
- [7] Mikroplastika: kaj je in kako prizadane naše okolje
www.bananaway.si/blog/mikroplastika-prizadane-nase-okolje/ (15.11.2021)
- [8] Kovač Viršek M., Mikroplastika: »nevidni« sovražnik okolja, Bodi eko
<https://www.bodieko.si/mikroplastika> (15.11.2021)
- [9] Z mikroplastiko najbolj onesnažena reka Sava (2021, 16. september). Dnevnik
www.dnevnik.si/1042973060 (20.10.2021)
- [10] Plastic Pirates – Go Europe
<https://www.plastic-pirates.eu/sl> (20.10.2021)
- [11] Z mikroplastiko onesnaženih več kot tri četrtine slovenskih rek (2021, 8. december) MMC RTV SLO, STA, Ljubljana
<https://www.rtv slo.si/okolje/onesnazevanje/z-mikroplastiko-onesnazenih-vec-kot-tri-cetr-tine-slovenskih-rek/604272> (20.12.2021)
- [12] Stegnar N., Ribe ob vodotoku reke Mure precej onesnažene z mikroplastiko
www.caszazemljo.si/ekologija/ribe-ob-vodotoku-reke-mure-precejonesnazene-z-mikroplastiko-html (20.10.2021)

[13] Kovač Viršek M., Potovanje mikroplastike po vodnih ekosistemih v Sloveniji, Vodni dnevi 2020, Rimske Toplice (str.71-82)

<https://sdzv-drustvo.si/vodni-dnevi/prispevki-in-predstavitve-2020/> (20.10.2021)

[14] Tomšič M., Alarmantno odkritje v evropskih rekah (20.10.2021)

<https://siol.net/digisvet/novice/alarmantno-odkritje-v-evropskih-rekah-512627>

[15] Vrbančič M., Plastika za dober tek

<https://sdzv-drustvo.si/novice/plastika-za-dober-tek/> (20.10.2021)

[16] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika> (20.10.2021)

[17] Pomen plastike (Kaj je to, koncept in definicija), Znanost in zdravje, 2021

<http://sl.encyclopedia-titanica.com/significado-de-pl-stico> (15.11.2021)

[18] Definicija in primeri iz plastike

<https://sl.peopleperproject.com/posts/4414-plastic-definition-and-examples-in-chemistry>
(15.11.2021)

ZAHVALA

Najprej se zahvaljujema najinima odličnima mentoricama gospe Branki Mestnik in gospe Lotty Hrustel, ki sta nama v času raziskovalne dejavnosti vedno stali ob strani, modro svetovali pri izdelavi in oblikovanju naloge.

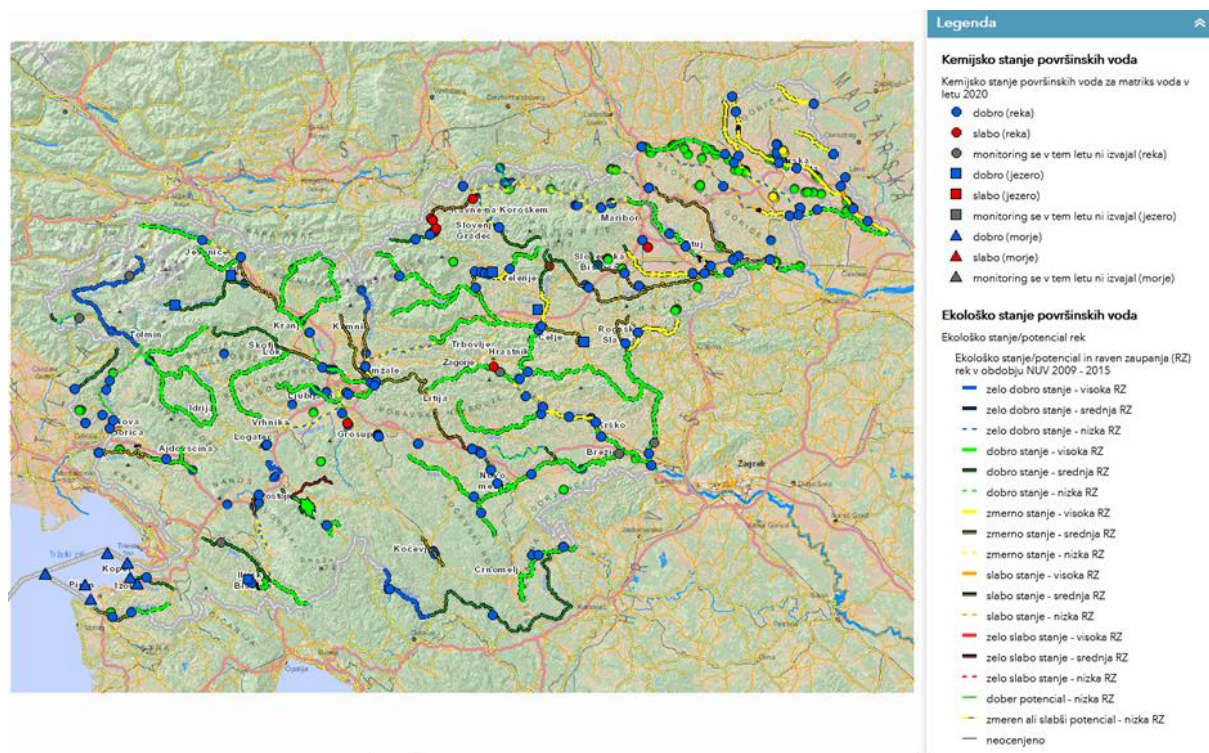
Za intervju se zahvaljujema gospe Nataši Uranjek uni. dipl. inž. kemijskega inženirstva, zaposleni v Komunalnem podjetju Velenje kot vodja službe za tehnologije in nadzor in gospodu Roku Špindlerju mag. inž. kemijske tehnike, zaposlenem v Eurofins Erico Slovenija d.o.o. kot vodja projektov za področje vode in zraka.

Zahvaljujema se tudi svojim staršem za pomoč, nasvete in spodbudo.

PRILOGE

Priloga 1

Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda Slovenije



Priloga 2

Kemijsko in ekološko stanje reke Pake in ekološko stanje/potencial jezer v Šaleški dolini

