**Mikroplastika u školskom zraku**

**Microplastics in the air of school premises**

**Marko Fičko 8.r., Vita Grubešić 8.r, Anessa Kiris 8.r., Tara Marković 8.r.**

**Mentor: Ankica Veseljić, Andreja Gašparović**

**OŠ Banija, Karlovac**

**Sažetak**

U našem projektu istraživali smo prisutnost mikroplastike u zraku školskih prostorija. Postavili smo istraživačka pitanja: Ima li mikroplastike u zraku ispitivanih školskih prostorija? Hoće li se međusobno razlikovati količina mikroplastike u ispitivanim prostorijama? Hoće li biti manje mikroplastike u svim ispitivanim prostorijama za vrijeme školskih praznika? Koje vrste mikroplastike ćemo pronaći u ispitivanim prostorijama? Ispitivanje smo proveli u tri učionice, školskoj kuhinji i školskoj dvorani u dva ispitivana razdoblja za vrijeme trajanja nastave (od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023.) i u vremenu školskih praznika (od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024.). Uzorkovali smo dva replikatna uzorka u staklenke u koje smo ulili 500 ml destilirane vode i postavili ih u navedene prostorije jednu do druge na visinu od 2 m. Rezultati su pokazali da je u svim ispitivanim prostorijama prisutna mikroplastika te da se prosječan broj čestica mikroplastike/m2 razlikuje u ispitivanim prostorijama u oba ispitivana razdoblja. Za vrijeme školskih praznika uočavamo smanjenje prosječnog broja mikroplastike/m2 u svim ispitivanim prostorijama, osim u školskoj kuhinji i učionici fizike. U svim uzorcima u oba ispitivana razdoblja pronašli smo najviše tekstilnih vlakana, od koji je bilo najviše celuloznih vlakna, a zatim sintetičkih vlakana. Najmanje je bilo ostalih čestica mikroplastike.

**Summary**

In our project, we investigated the occurrence of microplastics in the air of school premises. Our research questions were: Are there microplastics in the air of the school premises we investigated? Does the amount of microplastics in the rooms studied differ from one another? Are there fewer microplastics in all the rooms studied during the school vacations? What types of microplastics will we find in the rooms studied? We conducted the test in three classrooms, in the school kitchen and in the school gym in two test periods during classes (from September 27, 2023 to October 6, 2023) and during the school vacations (from December 22, 2023 to January 1, 2024). We took two replicate samples in jars in which we filled 500 ml of distilled water and placed them side by side at a height of 2 m in the above-mentioned rooms. The results showed that microplastics were present in all the studied rooms and that the average number of microplastic particles/m² in the studied rooms is different in both study periods. During the school vacations, the results show a decrease in the average number of microplastics/m² in all rooms studied, except in the school kitchen and physics classroom. In all samples in both periods studied, we found mainly textile fibers, most of which were cellulose fibers, followed by synthetic fibers. Other microplastic particles were found in traces.

**Uvod**

Od 2020. godine GLOBE skupina naše škole redovito mikroskopira uzorke vode iz rijeke Kupe i prati prisutnost mikroplastike u vodi. Godine 2021. na državnoj SIN hrvatskih GLOBE škola predstavili smo istraživački projekt *Mikroplastika u rijeci Kupi*. Učenici su tijekom tog istraživanja došli do spoznaja da se mikroplastika može naći svugdje u okolišu pa su odlučili istražiti ima li mikroplastike u zraku školskih prostorija.

Upotreba plastike u svijetu je vrlo raširena zbog njene otpornosti na koroziju, lake obrade i niske cijene. Od izuma plastike početkom 20. stoljeća, globalna proizvodnja povećavala se svake godine, dosegnuvši 359 milijuna tona u 2018. Očekuje se da će se ovaj trend nastaviti i dosegnuti otprilike četiri puta više od trenutne stope do 2050. (Xiaoyu i sur., 2023). U 2019. istraživanja su plastiku podijelila ugrubo u četiri kategorije na temelju veličine: velika plastika (>25 mm), plastika srednje veličine (5–25 mm), mikroplastika (<5 mm) i nanoplastika (<100 nm) (Xiaoyu i sur., 2023). Mikroplastiku čine mali dijelovi plastičnog materijala, obično manji od 5 mm. Prema tipu mikroplastike, postoji primarna i sekundarna mikroplastika. Primarna mikroplastika u okoliš izlazi direktno iz tvornica, prilikom proizvodnje plastičnih produkata. Sekundarna mikroplastika nastaje usitnjavanjem ili degradacijom većih komada otpadne plastike u okolišu, abrazijom automobilskih guma, trošenjem brodske opreme i ribolovnog alata te ispuštanjem mikrovlakana prilikom pranja rublja (Radovan, 2019). Plastični otpad je u prirodi izložen vanjskim utjecajima: sunčevo zračenje, kemikalije, vjetar i slični čimbenici, koji uzrokuju usitnjavanje, degradaciju, površinske modifikacije, promjenu gustoće i veličine čestica. Kemijska i fizikalna svojstva usitnjenih čestica se ne mijenjaju, već ostaju ista kao i kod ishodišnog materijala. Prema tome, mikroplastika ima dug životni vijek, kao i plastika, a sastav mikroplastike isti je kao i kod plastičnog otpada (Radovan, 2019). Mikroplastika se u okolišu može naći u različitim oblicima kao što su kuglasti oblici peleti, nepravilni fragmenti i vlakna, a najviše su zastupljena vlakna, zatim granule i filmovi/tanke prevlake. Istraživanja pokazuju da je mikroplastika u zraku prisutna u visokim koncentracijama te da u zatvorenim prostorima najveći dio mikroplastike potječe od tekstila (Ashkan, 2023). Zbog toga mikroplastika izaziva sve veću zabrinutost kao globalna prijetnja okolišu posljednjih godina (Xiaoyu i sur., 2023).

**Istraživačka pitanja i hipoteze**

Potaknuti dosadašnjim spoznajama o mikroplastici zapitali smo se:

1. Ima li mikroplastike u zraku ispitivanih školskih prostorija (tri školske učionice, školskoj kuhinji i školskoj dvorani)?

2. Hoće li se međusobno razlikovati količina mikroplastike u ispitivanim prostorijama?

3. Hoće li biti manje mikroplastike u svim ispitivanim prostorijama za vrijeme školskih praznika?

4. Koje vrste mikroplastike ćemo pronaći u ispitivanim prostorijama?

Naša prva pretpostavka je da ćemo pronaći mikroplastiku u zraku svih ispitivanih školskih prostorija. Druga pretpostavka je da će se količina pronađene mikroplastike međusobno razlikovati u ispitivanim prostorijama. Treća pretpostavka je da će biti manje mikroplastike u svim ispitivanim prostorijama za vrijeme školskih praznika. Četvrta pretpostavka je da će biti najviše vlakana mikroplastike.

**Metode istraživanja**

Mikroplastiku smo uzorkovali u zraku tri školske učionice, školskoj kuhinji i školskoj dvorani. Uzorkovali smo dva replikatna uzorka u staklenke u koje smo ulili 500 ml destilirane vode i postavili ih u navedene prostorije jednu do druge na visinu od 2 m. Prvo razdoblje uzorkovanja od 10 dana bilo je od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023. za vrijeme trajanja nastave. Drugo razdoblje uzorkovanja bilo je za vrijeme školskih praznika od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024. Uzorke smo filtrirali pomoću uređaja za filtriranje Merck-Millipore sterifile Aseptic System s membranom za filtriranje Ahistrom–Munksjo veličine pora 0,45 µm. Membrane smo nakon filtriranja stavili u sterilne Petrijeve posude. Nakon toga smo mikroskopirali membrane s uzorkom pomoću svjetlosnog mikroskopa Optika B150. Pronađenu mikroplastiku razvrstavali smo u tri skupine: celulozna vlakna, sintetička vlakna i ostale čestice mikroplastike. Za razvrstavanje smo se koristili metodama iz Vodiča za prepoznavanje mikroplastike (Sutti i sur. 2021), koji je trenutno testni protokol napravljen od strane GLOBE Italia. Procijenili smo srednje vrijednosti broja vlakana, odnosno ostalih čestica mikroplastike u prostorijama.

Pomičnom mjerkom izmjerili smo promjer otvora staklenke i izračunali površinu njezinog otvora. Izračunali smo srednju vrijednost površina otvora staklenki. Metrom smo izmjerili duljinu i širinu ispitivanih prostorija i izračunali površinu prostorija. Prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 prostorije izračunali smo dijeljenjem srednje vrijednosti broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike u staklenci s površinom otvora staklenke. Izračunali smo i standardnu devijaciju između replikata za prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 za sve uzorke.

**Prikaz i analiza podataka**

Tablica 1. Srednja vrijednost broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u ispitivanim prostorijama u razdoblju od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023. za vrijeme trajanja nastave

Table 1. Average number of fibers and other microplastics particles/m² in the studied school premises from September 27, 2023 to October 6, during classes

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| prostorija | srednja vrijednost površina otvora staklenki/m2 | površina prostorije /m2 | srednja vrijednost broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike u staklenci | prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike u prostoriji/ m2 |
| učionica matematike | 3,87\*10-3 | 59,1 | 295 | 7,6 \*104 |
| učionica fizike | 3,95\*10-3 | 56,5 | 146,5 | 3,7\*104 |
| učionica biologije | 3,92\*10-3 | 59,1 | 205,5 | 5,2\*104 |
| školska kuhinja | 3,89\*10-3 | 58,6 | 136,5 | 3,5\*104 |
| školska dvorana | 3,93\*10-3 | 287,6 | 3686 | 93,8\*104 |

Rezultati mikroskopiranja pokazuju da svi ispitivani uzorci u razdoblju od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023. sadrže mikroplastiku. Prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike u prostoriji /m2 kretao se od 3,5 \* 104 do 93,8 \* 104 . Najveći prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike, 93,8 \* 104/m2,uzorkovan je u školskoj dvorani. Najmanji prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike, 3,5 \* 104/m2,uzorkovan je u školskoj kuhinji (Tablica 1).

Slika 1. Udio pojedinih skupina mikroplastike u ukupnom broju vlakana i ostalih čestica mikroplastike zabilježenih u ispitivanim prostorijama u razdoblju od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023. za vrijeme trajanja nastave

Figure 1. The of certain types of microplastic in the total number of fibers and other microplastics particles found in the studied school premises from September 27, 2023 to October 6,2023 during classes

Naši rezultati pokazuju da su u svim ispitivanim prostorijama od ukupnog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike najviše zastupljena vlakna od koji je najviše celuloznih vlakna, a ostale čestice mikroplastike pronađene su samo u učionici matematike (Slika 1).

Tablica 2. Srednja vrijednost broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u ispitivaniim prostorijama u razdoblju od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024. za vrijeme školskih praznika

Table 2. Average number of fibers and other microplastics particles/m² in the studied school premises from December 22, 2023 to January 1, 2024 during the school vacations

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| prostorija | srednja vrijednost površina otvora staklenki/m2 | površina prostorije /m2 | srednja vrijednost broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike u staklenci | prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike u prostoriji/ m2 |
| učionica matematike | 3,87\*10-3 | 59,1 | 201,5 | 5,2 \*104 |
| učionica fizike | 3,95\*10-3 | 56,5 | 204,5 | 5,1\*104 |
| učionica biologije | 3,92\*10-3 | 59,1 | 157,5 | 4,0\*104 |
| školska kuhinja | 3,89\*10-3 | 58,6 | 277,5 | 7,1\*104 |
| školska dvorana | 3,93\*10-3 | 287,6 | 701,5 | 17,8\*104 |

Rezultati mikroskopiranja pokazuju da svi ispitivani uzorci u razdoblju od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024. sadrže mikroplastiku. Prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike u prostoriji/m2 kretao se od 4,0 \* 104 do 17,8 \* 104 . Najveći prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike, 17,8 \* 104/m2,zabilježen je u školskoj dvorani. Najmanji prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike, 4,0 \* 104/m2,uzorkovan je u učionici biologije (Tablica 2).

Slika 2. Udio pojedinih skupina mikroplastike u ukupnom broju vlakana i ostalih čestica mikroplastike zabilježenih u ispitivanim prostorijama u razdoblju od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024. za vrijeme školskih praznika

Figure 2. The of certain types of microplastic in the total number of fibers and other microplastics particles found in the studied school premises from December 22, 2023 to January 1, 2024 during the school vacations

Naši rezultati pokazuju da su u svim ispitivanim prostorijama od ukupnog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike najviše zastupljena vlakna od koji je najviše celuloznih vlakna, a ostale čestice mikroplastike pronađene su u učionici matematike, biologije i školskoj kuhinji (Slika 2).

Slika 3. Prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike (±standardna devijacija) u ispitivanim školskim prostorija/m2 u razdoblju od 27. 9. 2023. do 6 .10. 2023. i od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024.

Figure 3. Average number of fibers and other microplastics particles/m²(± standard deviation) in the studied school premises from September 27, 2023 to October 6, 2023 and from December 22, 2023 to January 1, 2024

Rezultati mikroskopiranja pokazuju da u oba ispitivana razdoblja svi uzorci sadrže mikroplastiku. Prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike u oba razdoblja kretao se od 3,5 \* 104 /m2  do 93,8 \* 104 /m2. (Slika 3).

Tablica 3. Razlika u prosječnom broju vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u promatranim razdobljima od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023. i od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024.

Table 3. Difference in average number of fibers and other microplastics particles/m² in the studied periods from September 27, 2023 to October 6, 2023 and from December 22, 2023 to January 1, 2024

|  |  |
| --- | --- |
| prostorija | razlika u prosječnom broju mikroplastike/m2  u promatranim razdobljima |
| učionica matematike | -32% |
| učionica fizike | + 37% |
| učionica biologije | - 23% |
| školska kuhinja | +102% |
| školska dvorana | -82% |

Usporedbom razlike prosječnog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 za vrijeme trajanja nastave (od 27. 9. 2023. do 6. 10. 2023.) i u vremenu školskih praznika (od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024.) uočavamo da je došlo do smanjena prosječnog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike u učionici matematike, biologije i školskoj dvorani dok se u učionici fizike i školskoj kuhinji povećao prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 (Tablica 3).

**Rasprava i zaključci**

Analizom naših rezultata mikroskopiranja uočavamo da svi ispitivani uzorci u oba ispitivana razdoblja sadrže mikroplastiku čime smo potvrdili svoju prvu hipotezu.

Za ispitivanje smo u školskoj zgradi odabrali tri učionice i školsku kuhinju koje imaju približno jednaku površinu. Rezultati pokazuju da se u oba ispitivana razdoblja prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike /m2 razlikuje u ispitivanim prostorijama, bez obzira na njihovu približno jednaku površinu, čime smo potvrdili svoju drugu hipotezu.

U razdoblju od 27. 9. 2023. do 6.10. 2023. u školskoj kuhinji je zabilježen najmanji prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2, dok je u školskoj dvorani zabilježen najveći prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2. U literaturi smo pronašli da je učestalost ljudskih aktivnosti jedan od glavnih čimbenika koji dovodi do promjena u sadržaju mikroplastike u zraku zatvorenih prostorija, a turbulencije uzrokovane strujanjem zraka dovest će do migracije mikroplastike u unutarnjem okolišu (Qun i sur., 2020). U školskoj kuhinji svaki dan borave dvije kuharice te je zabranjen pristup ostalim osobama, dok se u učionicama dnevno izmijeni oko 75 učenika. U školskoj dvorani u jednom danu boravi najveći broj učenika (istovremeno po dva razreda). Učenici se u školskoj dvorani kreću, koriste razne sportske rekvizite i opremu pa pretpostavljamo da je to jedan od mogućih razloga što je u školskoj dvorani zabilježen najveći prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2, a u školskoj kuhinji najmanji prosječan broj vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u odnosu na ostale ispitivane prostorije. Iako nismo mjerili visinu prostorija, uočili smo da školska dvorana ima veću visinu od ostalih ispitivanih prostorija pa smatramo da je u školskoj dvorani veći volumen zraka iznad staklenki mogao biti dodatni uzrok najvećeg zabilježenog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u odnosu na ostale ispitivane prostorije.

Za vrijeme školskih praznika, u razdoblju od 22. 12. 2023. do 1. 1. 2024., uočavamo smanjenje prosječnog broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike /m2 u svim ispitivanim prostorijama, osim u školskoj kuhinji i učionici fizike, čime nismo potvrdili svoju treću hipotezu. Pretpostavljamo da je mogući uzrok smanjenja broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 za vrijeme školskih praznika to što u to vrijeme u školi nije bilo učenika i prozori se nisu učestalo otvarali kao za vrijeme prvog razdoblja ispitivanja, za vrijeme održavanja nastave. U razgovoru s tehničkim osobljem saznali smo da su u ispitivanom razdoblju spremačice čistile kuhinju i učionicu fizike, a ostale ispitivane prostorije čišćene su nakon završetka našeg uzorkovanja. Također se provodila inventura u kuhinji te je u prostoru bio prisutan veći broj ljudi i bilo je većih turbulencija zraka nego u prvom ispitivanom razdoblju. Smatramo da je to moglo dovesti do povećanja broja vlakana i ostalih čestica mikroplastike/m2 u školskoj kuhinji i učionici fizike u drugom ispitivanom razdoblju u odnosu na ostale ispitivane prostorije. Budući da za vrijeme školskih praznika u svim istraživanim prostorijama nisu bili isti uvjeti bilo bi dobro ponoviti istraživanje u istim uvjetima kako bi dobivene rezultate mogli smatrati pouzdanijima.

Svoju četvrtu hipotezu smo potvrdili jer smo u svim uzorcima u oba ispitivana razdoblja pronašli najviše vlakana, od koji je bilo najviše celuloznih vlakna, a zatim sintetičkih vlakana. Najmanje je bilo ostalih čestica mikroplastike nepravilna oblika. Ispitivanja su pokazala da su najčešći potencijalni izvori mikroplastike u unutarnjim prostorima tekstili, ambalaža za namirnice, namještaj, dekoracije i građevinski materijal (Jahandari, 2023). Pretpostavljamo da je mogući uzrok dobivenim rezultatima naš način uzorkovanja na 2 metra visine u prostoriji, jer vlakna imaju manju gustoću i najviše lebde u zraku te je njihov broj bio najveći u svim ispitivanim uzorcima. Također smatramo da su vlakna u našem slučaju dospjela u zrak ispitivanih prostorija zbog trenja i trošenja odjeće.

Koncentracija mikroplastike u zraku je veća na nižim visinama (Radovan, 2019). Nedostatak našeg istraživanja je mali broj analiziranih uzoraka i metoda uzorkovanja mikroplastike u staklenke s vodom na 2 m visine u prostoriji. Osmislil smo tu metodu jer nismo bili u mogućnosti filtrirati volumen zraka u prostoriji. Smatramo da na ovaj naš način nismo skupili sve čestice mikroplastike i da ih ustvari ima puno više.

Određivanje boje čestica mikroplastike je jedna od metoda klasifikacije mikroplastike (Xiaoyu i sur., 2023). U daljnjem istraživanju određivali bi boju pronađenih vlakana kako bi naši rezultati bili potpuniji i kako bi moguće pronašli izvor čestica mikroplastike u prostorijama.

Čestice mikroplastike redovno ulaze u organizam disanjem ili konzumacijom hrane i pića te prodiranjem kroz crijevnu barijeru u krvotok pronalaze svoj put u različite vitalne tjelesne sustave. Godine 2019. procijenjeno je da bi ljudi mogli konzumirati između 39 000 i 52 000 čestica mikroplastika godišnje (Maxine i sur.2021). Ako uračunamo i količinu koju udišemo, ta brojka bi se mogla popeti i do 74 000 čestica godišnje (Maxine i sur. 2021). Ukoliko se mikroplastika unosi u organizam kroz dulje razdoblje, moguće posljedice su promjene genetičkog materijala, neplodnost, pretilost i u krajnjem slučaju pojava tumora (Holmes i sur., 2012). Štetni spojevi koji se dodaju plastici kako bi joj se poboljšala svojstva (npr. ftalati, bisfenol A) oštećuju živčani sustav, uzrokuju endokrine poremećaje, oštećenja testisa i imuniteta, imaju kancerogen utjecaj na jetru i bubrege te dolazi do poremećaja u ponašanju poput hiperaktivnosti i agresivnosti (Lv i sur., 2019).

Zaključujemo da je u unutarnjem prostoru naše škole prisutno onečišćenje mikroplastikom i da se količina mikroplastike razlikuje u ispitivanim prostorijama. Naši rezultati također pokazuju da su tekstilna vlakna jedan od glavnih čimbenika onečišćenja mikroplastikom u ispitivanim školskim prostorijama. S obzirom da turbulencija zraka može uzrokovati migraciju mikroplastike u zatvorenim prostorima (Qun i sur., 2020), smatramo da mikroplastike ima i u ostalim školskim prostorijama, ali ih mi nismo ispitivali.

Mikroplastika je iznimno opasna za zdravlje ljudi stoga je iznimno važno osvijestit njenu prisutnost pa smo ovo istraživanje predstavili u školi i lokalnoj zajednici. Kako bi djelovali na svijest ljudi za smanjenje količine mikroplastike u ekosustavima u školi smo za učenike održali recreated radionice održive mode kako bi ih poučili na koji način mogu prenamijeniti staru odjeću i obuću. Također smo na školskom božićnom sajmu organizirali razmjenu rabljene odjeće. Zajedničkim snagama možemo smanjiti količinu plastičnog otpada, smanjiti upotrebu proizvoda od jednokratne plastike, koristiti proizvode od biorazgradive plastike te kupovati manje i održivo.

**Literaturni izvori**

1. Xiaoyu Z., Han Z., Yihao X., Ran Z., Weijie W., Huibin G., 2023. Characterization and quantification of microplastics in indoor environments, Helyon, 5, 9

2.Qun Z., Yaping Z., Fangni D., Huiwen C., Huiwen C., Gehui W., and Huahong S.i, 2020. Microplastic Fallout in Different Indoor Environments, Environmental Science & Technology., 54, 11, 6530–6539

3. Sutti A., Robottom S., Sutti S., 2021. Microplastics-protocol proposal

4. Radovan A., 2019. Mikroplastika – nevidljiva prijetnja okolišu, Dostupno na: <https://repozitorij.gfv.unizg.hr/islandora/object/gfv%3A398/datastream/PDF/view> (Pristupljeno: 13.12. 2021.)

5. Holmes L.A., Turner A., Thompson R.C., 2012. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment, Environmental Pollution, 160, 42-48.

6. Lv W., Zhou W., Lu S., Huang W., Yuan Q., Tian M., i suradnici., 2019. Microplastic pollution in rice-fish co-culture system: A report of three farmland stations in Shanghai, China, Science of the Total Environment, 652,1209–18.

7. Ashkan J., 2023. Microplastics in the urban atmosphere: Sources, occurrences, distribution, and potential health implications, Journal of Hazardous Materials Advances,12, 100346

8. Maxine S-L. Y., Ling-Wei H., Chin King L., Wei-Meng L., Shew-Fung W., Yih-Yih K., Boon-Keat T., Chiew-Yen W., Chee-Onn L. 2021. Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health Nanomaterials, 11, 496