

(OPEN ACCESS)

## Study on frequency, distribution and composition of microplastics pollution in Almagol wetland, Golestan province

Zohre Amirpour<sup>1</sup>, Seyed Abbas Hosseini<sup>2</sup>, Seyed Aliakbar Hedayati<sup>\*3</sup>,  
Saeed Madah<sup>4</sup>, Tahereh Bagheri<sup>5</sup>, Mohammad Qolizadeh<sup>6</sup>

1. Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [zohreamirpur@gmail.com](mailto:zohreamirpur@gmail.com)
2. Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [seyedabbas\\_hosseini@yahoo.com](mailto:seyedabbas_hosseini@yahoo.com)
3. Corresponding Author, Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: [hedayati@gau.ac.ir](mailto:hedayati@gau.ac.ir)
4. Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [maddah.insf@gmail.com](mailto:maddah.insf@gmail.com)
5. Deep Water Fisheries Research Center, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Chabahar, Iran and Gorgan Inland Water Aquatic Resources Research Center, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organizations, Gorgan, Iran. E-mail: [bagheri1360@gmail.com](mailto:bagheri1360@gmail.com)
6. Faculty of Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: [gholizade\\_mohammad@yahoo.com](mailto:gholizade_mohammad@yahoo.com)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 06.21.2024

Revised: 07.03.2024

Accepted: 07.28.2024

#### Keywords:

Almagol lagoon,  
Microplastic,  
Pollution,  
Surface water

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Almagol is an international wetland near the border of Iran and Turkmenistan, whose source of water supply is Etrak River. The geographical location, the long route of the supplying river and the low vegetation cover of the Turkmen Sahara area indicate the possibility of microplastic contamination in this wetland. The abundance, distribution and composition of microplastics in Almagol Lagoon was done for the first time in this study.

**Materials and Methods:** Water sampling was done in spring of 2023, at 5 stations. The separation of microplastics from the lagoon water was done by filtering method, so that for each repetition, one liter of lagoon water was taken by a vacuum pump. It was filtered on filter paper. A stereomicroscope was used to count the number of microplastics and to examine their appearance, and an infrared spectrometer was used for identification.

**Results:** The results showed that microplastics were found in all 5 sampling stations and their average number was 40 pieces per liter. Station 5 (amusement park) showed the highest frequency of microplastic pollution with 46 pieces per liter. Microplastics with a size of 0.1-0.5 mm were the most abundant and most of the identified microplastics were fiber-shaped and black in color. The concentration of microplastics in the amusement park station is more than other stations due to the high traffic of local people and tourists and the dumping of garbage.

---

**Conclusion:** This study highlights the importance of adequate waste management to limit microplastic pollution in recreational sites and ecologically important areas.

---

Cite this article: Amirpour, Zohre, Hosseini, Seyed Abbas, Hedayati, Seyed Aliakbar, Madah, Saeed, Bagheri, Tahereh, Qolizadeh, Mohammad. 2026. Study on frequency, distribution and composition of microplastics pollution in Almagol wetland, Golestan province. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 15 (1), 19-34.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2024.22560.1883

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## بررسی فراوانی، توزیع و ترکیب آلودگی میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلماتل استان گلستان

زهره امیرپور<sup>۱</sup>، سید عباس حسینی<sup>۲</sup>، سید علی اکبر هدایتی<sup>۳\*</sup>، سعید مداح<sup>۴</sup>، طاهره باقری<sup>۵</sup>، محمد قلی‌زاده<sup>۶</sup>

۱. گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [zohreamirpur@gmail.com](mailto:zohreamirpur@gmail.com)
۲. گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [seyedabbas\\_hosseini@yahoo.com](mailto:seyedabbas_hosseini@yahoo.com)
۳. نویسنده مسئول، گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: [hedayati@gau.ac.ir](mailto:hedayati@gau.ac.ir)
۴. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [maddah.insf@gmail.com](mailto:maddah.insf@gmail.com)
۵. مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران و مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: [bagheri1360@gmail.com](mailto:bagheri1360@gmail.com)
۶. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: [gholizade\\_mohammad@yahoo.com](mailto:gholizade_mohammad@yahoo.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: آلماتل یک تالاب بین‌المللی در نزدیکی مرز ایران و ترکمنستان است که منبع تامین آب آن، رودخانه اترک می‌باشد. موقعیت جغرافیایی، طولانی بودن مسیر رودخانه تامین‌کننده و پوشش گیاهی کم منطقه ترکمن صحرا احتمال حضور آلودگی میکروپلاستیک را در این تالاب نشان می‌دهد. فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلماتل برای اولین بار در این مطالعه انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷	مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از آب در بهار ۱۴۰۲، در ۵ ایستگاه انجام شد. جداسازی میکروپلاستیک‌ها از آب تالاب به روش صاف‌سازی صورت گرفت به این صورت که برای هر تکرار یک لیتر از آب تالاب به وسیله پمپ خلاء روی کاغذ صافی فیلتر شد. برای شمارش تعداد میکروپلاستیک‌ها و بررسی خصوصیات ظاهری آن‌ها از استریومیکروسکوپ و جهت شناسایی از طیف‌سنج مادون قرمز استفاده شد.
واژه‌های کلیدی: آب سطحی، آلودگی، تالاب آلماتل، میکروپلاستیک	یافته‌ها: نتایج نشان داد میکروپلاستیک‌ها در هر ۵ ایستگاه نمونه‌برداری یافت شدند و میانگین تعداد آن‌ها ۴۰ قطعه در لیتر بود. ایستگاه ۵ (پارک تفریحی) با ۴۶ قطعه در لیتر بیش‌ترین

---

فراوانی آلودگی میکروپلاستیک را نشان داد. میکروپلاستیک‌های با اندازه ۰/۱-۰/۵ میلی‌متر بیش‌ترین فراوانی را داشتند و اغلب میکروپلاستیک‌های شناسایی شده به شکل فیبر و به رنگ مشکی بودند. میزان تمرکز میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه پارک تفریحی به دلیل تردد بیش‌تر افراد محلی و گردشگران و ریختن زباله، بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود.

**نتیجه‌گیری:** این مطالعه اهمیت مدیریت دفع زباله را برای محدود کردن آلودگی میکروپلاستیک در مکان‌های تفریحی و مناطق بااهمیت اکولوژیکی را نشان می‌دهد.

---

استناد: امیرپور، زهره، حسینی، سید عباس، هدایتی، سید علی‌اکبر، مداح، سعید، باقری، طاهره، قلی‌زاده، محمد (۱۴۰۵). بررسی فراوانی، توزیع و ترکیب آلودگی میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلمانگل استان گلستان. نشریه بهره‌برداري و پرورش آبزیان، ۱۵ (۱)، ۳۴-۱۹.

Doi: 10.22069/japu.2024.22560.1883



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

میکروپلاستیک یک آلاینده نوپدید است که به‌عنوان ذرات پلاستیکی با قطر کم‌تر از ۵ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۱ میکرومتر تعریف می‌شود (۱). امروزه وجود ذرات میکروپلاستیک در سراسر جهان حتی در مناطق دورافتاده و بدون فعالیت انسانی گزارش شده است (۲). میکروپلاستیک‌ها به‌دلیل مقیاس کوچک پراکندگی محیطی گسترده و پتانسیل آن‌ها برای تأثیرگذاری بر سلامت موجودات و اکوسیستم‌ها، نگرانی خاصی را در سراسر جهان مطرح کردند (۳، ۴، ۵). میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از منابع مختلفی مشتق شوند، در اکوسیستم‌ها به تراکم بالایی برسند و با محیط زیستی و غیرزیستی تعامل داشته باشند (۶). میکروپلاستیک‌ها از نظر منشأ تولید به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه به‌طور عمده در اندازه‌های کوچک مانند ریزدانه‌های موجود در محصولات مراقبت شخصی و لوازم آرایشی و بهداشتی مانند لوسیون‌ها، صابون‌ها، لایه‌بردارهای صورت و بدن، خمیردندان، مواد تمیزکننده و الیاف لباس وجود دارند در حالی‌که میکروپلاستیک‌های ثانویه به‌طور ناخواسته در نتیجه تخریب قطعات پلاستیکی بزرگ‌تر تولید می‌شوند (۷). این تخریب و تکه‌تکه شدن ممکن است که درحین استفاده از موادی مانند منسوجات پلاستیکی، رنگ و پلاستیک یا بعد از رها شدن پلاستیک‌ها در طبیعت، عمدتاً از طریق هوازدگی، فتولیز، سایش مکانیکی، اشعه UV خورشید و عوامل فیزیکی و شیمیایی و زیست‌محیطی اتفاق بیفتد (۸). زیرا این فرایندها با کاهش یکپارچگی ساختار ذرات پلاستیک، منجر به شکسته شدن آن‌ها می‌شوند (۹).

میکروپلاستیک‌ها دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاصی از جمله اندازه کوچک، تراکم زیاد، دارای رنگ و بعضاً نسبت کم طول به عرض هستند

که این ویژگی‌ها در کنار ماهیت آبگریز بودن آن‌ها باعث افزایش جذب داروها و آلاینده‌های آلی پایدار مانند هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه (PAH) و پلی کلرید بی فنیل (PCB) در محیط‌های آبی (۸، ۱۰) و همچنین باعث افزایش دسترسی موجودات زنده به این نوع از آلاینده‌ها می‌شود (۹، ۱۱). میکروپلاستیک‌ها نسبت به ذرات پلاستیکی بزرگ‌تر، تهدید جدی‌تری برای محیط زیست آبی و موجودات آن محسوب می‌شوند زیرا به اشتباه به‌عنوان منبع غذا بلعیده و مصرف می‌شوند (۱۲). مصرف میکروپلاستیک توسط ماهی، سالیان پیش کشف شده است (۱۳). مصرف میکروپلاستیک‌ها نه تنها موجب آسیب مکانیکی و انسداد دستگاه گوارش در ماهی می‌شود بلکه مسیر بالقوه‌ای برای حضور برخی از مواد خطرناک فراهم می‌کند (افزودنی‌های موجود در پلاستیک، مواد شیمیایی سمی و میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا که از محیط جذب این ذرات می‌شوند) وارد شبکه غذایی آبزیان می‌شوند (۱۴). که ورود این مواد شیمیایی به زنجیره غذایی انسان تهدیدی بالقوه برای انسان به‌شمار می‌آید (۱۳).

تالاب‌ها اکوسیستم‌های منحصر به فردی هستند که از تعامل آبزیان و اکوسیستم‌های زمینی که کارکردهای مهمی در حفظ تنوع زیستی دارند تشکیل شده‌اند (۱۵). پوشش گیاهی تالاب‌ها یک محیط مؤثر برای حفظ میکروپلاستیک‌ها است. و این اکوسیستم‌ها ممکن است مخزن مهمی از ذرات پلاستیک باشند (۱۶). رسوبات تالاب می‌تواند به‌عنوان یک محیط برای ذرات میکروپلاستیک و نقطه‌های اسپات برای آلودگی میکروپلاستیک باشد (۱۷). با این حال، فراوانی و توزیع میکروپلاستیک‌ها در سیستم‌های تالاب در مقایسه با سایر سیستم‌های آبی به‌میزان کم‌تری مورد

1- Polycyclic aromatic hydrocarbon

2- Polychlorinated biphenyl

تالاب حدود ۲۰ کیلومتر مربع بوده و عمق آن در جاهای مختلف حدود ۲ متر است. مهم‌ترین و اصلی‌ترین منبع تامین آب تالاب آماگل، رودخانه مرزی اترک است.

نمونه‌برداری و جداسازی میکروپلاستیک‌ها از آب تالاب: نمونه‌برداری از آب تالاب آماگل در بهار (فصل پربابی) ۱۴۰۲، با توجه به دسترسی مکانی و کاربری اراضی بالادست، نقاط ورودی و خروجی آب، جوامع حاشیه‌ای و مناطق پربازدید در ۵ ایستگاه و هر ایستگاه در ۳ تکرار از سطح و ستون آب انجام شد. نقاط نمونه‌برداری به وسیله GPS ثبت شد. جداسازی میکروپلاستیک‌ها از آب به روش صاف‌سازی صورت گرفت. برای هر تکرار یک لیتر از آب تالاب به وسیله قیف سرمیکی روی کاغذ صافی واتمن ۴۲ به وسیله پمپ خلاء فیلتر شد کاغذهای صافی به صورت جداگانه در پلیت‌های شیشه‌ای در دار قرار داده شد تا در دمای محیط خشک شوند (۱۹) (شکل ۱).

مطالعه قرار گرفته است (۱۸). تالاب آماگل یک تالاب بین‌المللی است که در استان گلستان در استپ‌های خشک و گرم ترکمن صحرا در نزدیکی مرز ایران و ترکمنستان واقع است. آب این تالاب شور است و مهم‌ترین و اصلی‌ترین منبع تامین آب آن، رودخانه مرزی اترک است. گونه‌های جانوری که در این تالاب زیست می‌کنند بسیار متنوع می‌باشند و شامل ماهی‌ها، خزندگان، دوزیستان و پرندگان می‌باشد.

آلودگی میکروپلاستیک در تالاب‌ها کم‌تر از سایر اکوسیستم‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفته است. هم‌چنین در حال حاضر در ایران مطالعه جامع و کاملی در رابطه با آلودگی میکروپلاستیکی تالاب بین‌المللی آماگل وجود ندارد، بنابراین این مطالعه اولین مطالعه در زمینه حضور آلودگی میکروپلاستیکی در آب تالاب آماگل می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: تالاب آماگل دارای مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی است. مساحت این



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تالاب آماگل.

Figure 1. Location of sampling stations in Almagol Wetland.

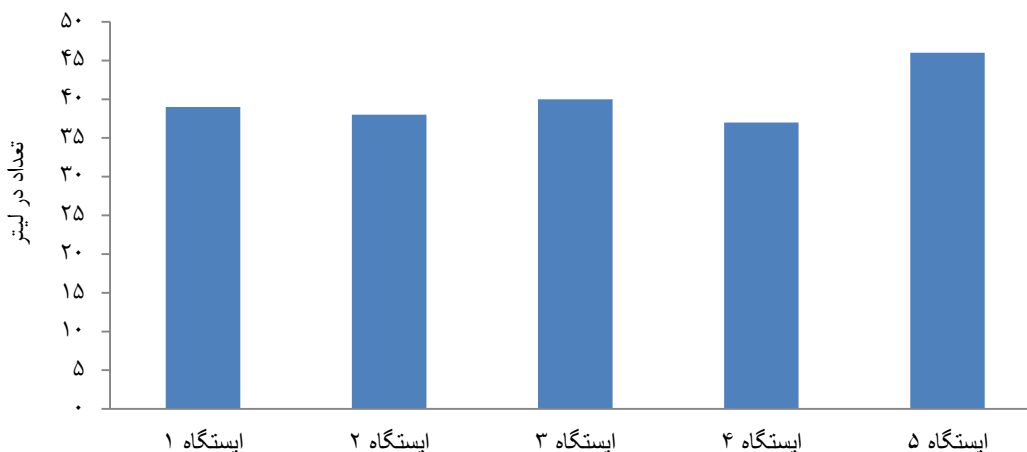
حدود ۶۴ اسکن از طریق بیشترین جذب پیوند شیمیایی استفاده شد (۲۰). این آزمایش در آزمایشگاه دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

### نتایج

فراوانی میکروپلاستیک‌ها: نتایج نشان داد میکروپلاستیک‌ها در هر ۵ ایستگاه نمونه‌برداری یافت شدند. میانگین تعداد میکروپلاستیک‌ها ۴۰ قطعه در هر لیتر آب بود. ایستگاه ۵ با ۴۶ قطعه در یک لیتر آب و ایستگاه ۴ با ۳۷ قطعه در لیتر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد میکروپلاستیک را از لحاظ فراوانی به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

بررسی میکروپلاستیک‌ها از لحاظ نوع، رنگ و اندازه و شناسایی جنس میکروپلاستیک‌ها: شناسایی میکروپلاستیک‌ها از لحاظ اندازه، رنگ و نوع آن به روش مرتب‌سازی بصری با استفاده از یک استریومیکروسکوپ (NOVEL NSZ-810, Ningbo Yongxin) و با دوربین فیلم‌برداری IC80 HD و با نرم‌افزار (LAS) صورت گرفت (۱۹). در این مرحله به منظور اطمینان بیشتر از آزمون سوزن داغ تیز استفاده گردید. برای تعیین ترکیب پلیمری میکروپلاستیک‌های فیلتر شده از آب تعدادی از ذرات به صورت تصادفی انتخاب و شناسایی میکروپلاستیک‌ها به روش اسپکتروفتومتری با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز (FT-IR) در محدوده ۴۰۰-۴۰۰۰ سانتی‌متر با وضوح ۴ سانتی‌متر به وسیله

فراوانی میکروپلاستیک‌ها



شکل ۱- میزان فراوانی میکروپلاستیک‌ها در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری (تعداد در لیتر) در تالاب آلمگل.

Figure 2. The abundance of microplastics in the water of the sampling stations (number per liter) in the Almagol lagoon.

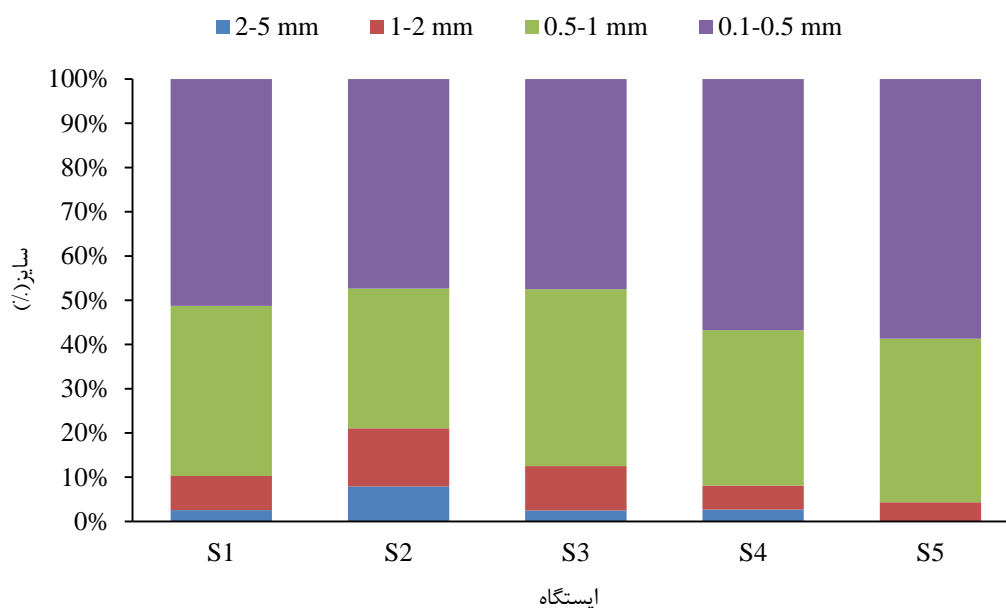
دسته ۱-۰/۵ میلی‌متر و دسته ۲-۱ میلی‌متر با ۴۶ درصد درصد دارای کمترین فراوانی بودند (شکل ۳). از لحاظ شکل میکروپلاستیک‌ها در ۵ دسته فیبر، فرگمنت، پلت، بید و فیلم تقسیم‌بندی شدند. نتایج

رنگ، نوع (شکل) و اندازه میکروپلاستیک‌ها: میکروپلاستیک‌ها از نظر اندازه در چهار دسته مختلف تقسیم‌بندی شدند. نتایج نشان داد که دسته ۰/۱-۰/۵ میلی‌متر با ۵۴ درصد دارای بیشترین فراوانی بودند و

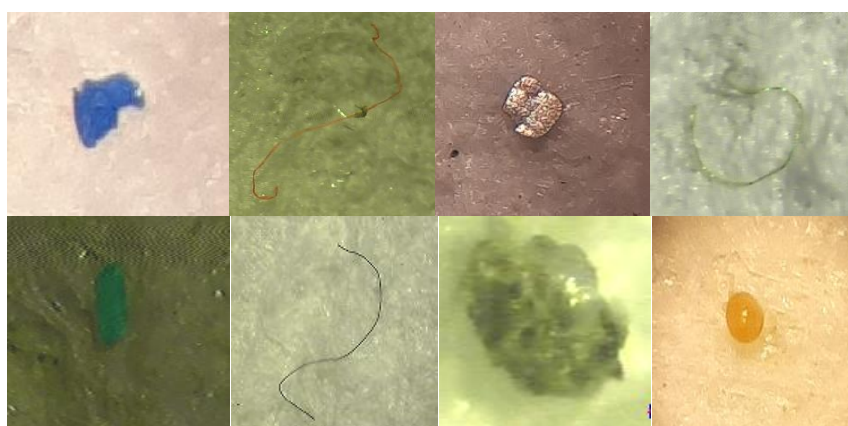
نارنجی، زرد و قهوه‌ای مشاهده شدند. رنگ مشکی با ۲۰/۴ درصد دادای بیش‌ترین فراوانی و بعد از آن به‌ترتیب رنگ‌های خاکستری، سبز و سفید بیش‌ترین فراوانی را داشتند و رنگ زرد با ۰/۸ درصد و رنگ نارنجی با ۱ درصد دارای کم‌ترین میزان فراوانی بودند (شکل ۶).

نشان داد که میکروپلاستیک‌های فیبر یا رشته‌ای شکل غالب میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در این بررسی بودند. بعد از آن به ترتیب فرگمنت، پلت، فیلم و بید بیش‌ترین میزان فراوانی در ایستگاه‌های مورد نمونه‌برداری را نشان دادند (شکل‌های ۴ و ۵).

در این بررسی میکروپلاستیک‌های یافت شده در ۹ رنگ مشکی، خاکستری، سفید، قرمز، آبی، سبز،

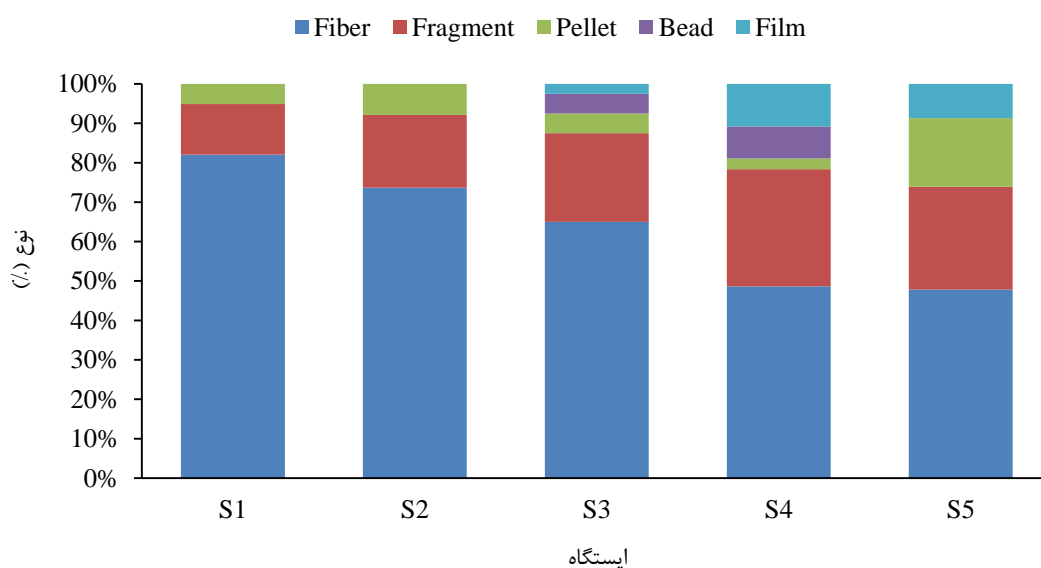


شکل ۳- تقسیم‌بندی اندازه میکروپلاستیک‌ها در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری (بر حسب درصد) در تالاب آلماگل.  
**Figure 3. Size distribution of microplastics in the water of the sampling stations (in percent) in the Almagol lagoon.**

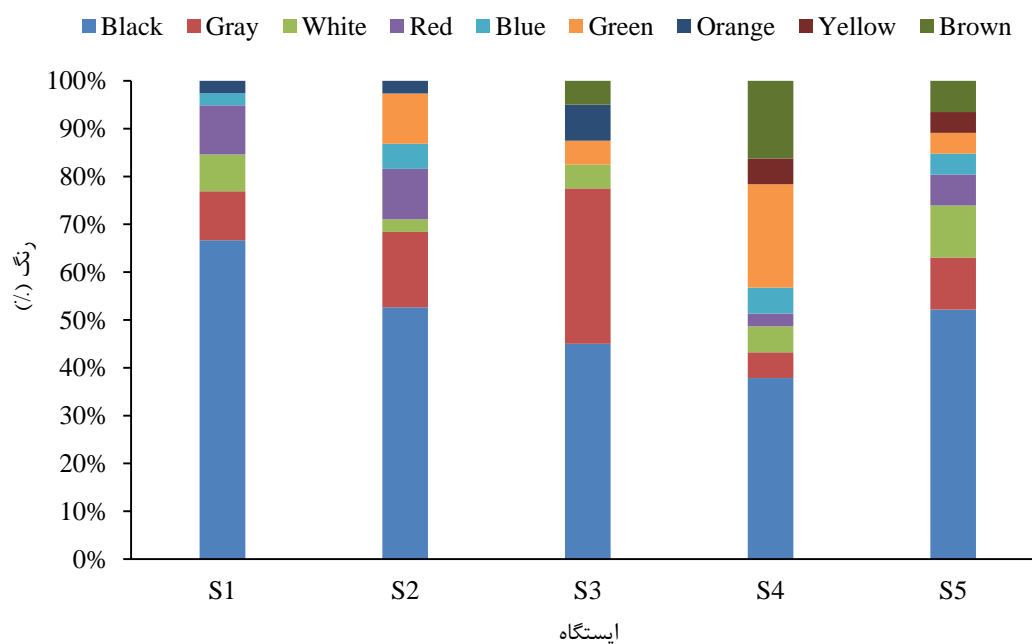


شکل ۴- شکل، نوع و رنگ میکروپلاستیک‌ها در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تالاب آلماگل.

**Figure 4. The shape, type and color of microplastics in the water of the sampling stations in Almagol Lagoon.**



شکل ۵- فراوانی شکل میکروپلاستیک‌ها در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری (بر حسب درصد) در تالاب آماگل.  
 Figure 5. Frequency of microplastics in the water of the sampling stations (in percentage) in the Almagol lagoon.



شکل ۶- نمودار فراوانی رنگ میکروپلاستیک‌ها در آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری (بر حسب درصد) در تالاب آماگل.  
 Figure 6. Graph of the abundance of microplastics in the water of the sampling stations (in percentage) in the Almagol lagoon.

## بحث

متفاوت هستند و وظایف مهم اکوسیستمی مانند ذخیره‌سازی آب، حفظ رسوب و غیره را برعهده دارند (۳۲، ۳۳).

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ذرات میکروپلاستیک در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی حضور دارند که نشان‌دهنده پراکندگی گسترده آن‌ها در آب تالاب می‌باشد. سایر مطالعات نیز حضور و پراکنش میکروپلاستیک‌ها را در تالاب‌ها نشان داده است. فصل نمونه‌برداری یک عامل مؤثر بر توزیع میکروپلاستیک در آب‌های شیرین است در بسیاری از موارد، غلظت‌های بالاتر میکروپلاستیک‌ها در فصول مرطوب گزارش شده است به‌خصوص بعد از وقوع باران (۳۴، ۳۵). در یک مطالعه ۲ ساله در دو تالاب ساحلی در ایالات متحده آمریکا، بالاترین غلظت میکروپلاستیک پلی استایرن (۷۶۰۰۰ قطعه در لیتر؛ برابر با ۷۶۰۰۰۰۰۰ قطعه/ مترمکعب) در ماه مه مشاهده شد. این نتایج مربوط به ابتدا فصل مرطوب در این ماه و در نتیجه افزایش آب شیرین بود (۳۶). اما در آب‌های سطحی تالاب انزلی فراوانی بیش‌تری از میکروپلاستیک‌ها در ژوئن (فصل خشک) نسبت به ژانویه (فصل مرطوب) وجود دارد و به ترتیب (۱/۷۷) و (۱/۲۵) مورد در مترمکعب گزارش شدند. این امر به ذوب شدن برف و وقوع سیل در بهار نسبت داده شد. در واقع، سطح و سرعت بالای آب، امکان انتقال ذرات میکروپلاستیک را از حوزه آب‌خیز و مناطق شهری به تالاب می‌دهد (۳۷). هم‌چنین سطح غلظت میکروپلاستیک در آب‌های سطحی یک تالاب آسیایی در دوره خشک نسبت به دوره مرطوب بالاتر بود. این امر به کاهش سطح آب در این منطقه در فصل خشک نسبت داده شد در نتیجه کاهش میزان آب‌های سطحی توزیع فضایی میکروپلاستیک در آب‌های سطحی را محدود می‌کند (۳۸). تالاب آماگل پس از یک دوره کم‌آبی در سال ۱۴۰۲ در خرداد سال ۱۴۰۳ بعد از وقوع چندین باران شدید فصلی و طغیان رودخانه

شناسایی و توزیع آلودگی نوظهور میکروپلاستیک‌ها در آب‌های داخلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های معمول برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها، شناسایی بصری است. در این روش، اندازه، اشکال و رنگ‌های مختلف میکروپلاستیک شناسایی می‌شوند و رایج‌ترین راه برای تعیین ترکیب پلیمری میکروپلاستیک‌ها، طیف‌سنجی است. عوامل متعددی با میزان ذرات میکروپلاستیک در سیستم‌های آبی مرتبط هستند، مانند تراکم جمعیت انسانی در حوضه زهکشی، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و عمدتاً تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، انتقال و توزیع این ذرات می‌تواند تحت تأثیر رویدادهای هیدرولوژیکی (۲۱)، تغییرات فصلی (۲۲)، جریان رودخانه و هم‌چنین اندازه (۲۳)، چگالی ذرات باشد (۲۳، ۲۴)، علاوه‌براین، جریان‌های هوایی هم‌چنین می‌تواند محرک مربوط به توزیع میکروپلاستیک در محیط‌های آبی، حتی در مکان‌های دور از منابع میکروپلاستیک باشد (۲۵، ۲۶، ۲۷). میکروپلاستیک‌ها چگالی نسبتاً کمی دارند بنابراین به‌راحتی توسط توده‌های هوا به مکان‌های دور منتقل می‌شوند (۲۸). یکی از منابع اصلی میکروپلاستیک‌ها در اتمسفر فرآیندهای فرسودگی و پارگی لاستیک خودرو است و مطالعات نشان داده است که تقریباً ۸۵ درصد میکروپلاستیک‌های هوایرد با ترافیک جاده مرتبط هستند (۱۶). در تالاب‌ها، غلظت میکروپلاستیک‌ها ممکن است به تراکم جمعیت (۲۹)، نوع زیستگاه (۱۸) یا درجه صنعتی شدن (۳۰) بستگی داشته باشد. اگرچه مطالعات مربوط به حضور و توزیع میکروپلاستیک‌ها در تالاب‌ها در حال رشد است، اما آن‌ها عمدتاً روی تالاب‌های ساحلی متمرکز شده‌اند و مطالعات به‌ویژه در تالاب‌های داخلی کمیاب هستند (۳۱). تالاب‌های داخلی از نظر هیدرولوژی و مجموعه‌های پوشش گیاهی با تالاب‌های ساحلی

کم‌ترین میزان حضور آلودگی میکروپلاستیکی را در نقاط با تراکم جمعیتی کم و حضور زمین‌های کشاورزی اعلام نمودند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۴۱). برخی از میکروپلاستیکی‌های موجود در تالاب احتمالاً از طریق جریان رودخانه به تالاب رسیده‌اند، اما فعالیت‌های محلی نیز به آلودگی تالاب توسط میکروپلاستیکی‌ها کمک کرده است. طبق مطالعات صورت گرفته در مورد فراوانی و توزیع میکروپلاستیکی‌ها در اجزای محیطی شامل رسوبات، آب و موجودات زنده در اکوسیستم‌های تالابی نتایج بیان می‌کنند که اکوسیستم‌های تالاب با شرایط اکولوژیکی و هیدرولوژیکی خاص مستعد آلودگی میکروپلاستیکی هستند. آب تالاب (به‌ویژه در مناطق ساحلی) می‌تواند منبع قابل‌توجهی از میکروپلاستیکی‌ها نسبت به آب‌های آزاد باشد. نزدیکی سکونتگاه‌های انسانی می‌تواند سطح، ترکیب و اندازه میکروپلاستیکی را تعیین کند و فاصله از بزرگ‌ترین منطقه شهری عامل اصلی زیربنای اندازه میکروپلاستیکی‌ها است. نتایج مطالعه روی تالاب پانتال در برزیل نشان داد با افزایش فاصله از کلان شهرها اندازه ذرات میکروپلاستیکی کاهش یافت (۴۲). علاوه بر این، غلظت میکروپلاستیکی‌ها در رودخانه و دریاچه‌ها ممکن است با فاصله از مراکز بزرگ شهری کاهش یابد که احتمالاً به فعالیت‌های انسانی مرتبط است (۳۰). نتایج مطالعه حاضر نشان داد میکروپلاستیکی‌های با اندازه ۰/۱-۰/۵ میلی‌متر با ۵۴ درصد دارای بیش‌ترین فراوانی بودند که دور بودن تالاب آلمانگ از مناطق شهری می‌تواند دلیلی بر این نتیجه باشد. در تالاب‌ها در سایر مناطق جهان فراوانی میکروپلاستیکی‌ها به فعالیت‌های ماهیگیری، گردشگری یا توسعه اجتماعی مرتبط است (۱۶، ۴۳).

از آنجایی که میکروپلاستیکی‌ها از منابع مختلفی تولید می‌شوند در نمونه‌های محیطی نیز در انواع

ورودی در زمان پربابی طی مطالعه حاضر مورد نمونه‌برداری قرار گرفت که خود می‌تواند دلیل حضور میزان بالا و تقریباً نزدیک میکروپلاستیکی در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری باشد.

میکروپلاستیکی‌ها در تالاب‌ها از نظر فضایی و زمانی توزیع متفاوتی دارند (۲). توزیع عمودی در ستون آب تالاب می‌تواند تحت‌تأثیر فعالیت انسانی (۳۹)، بیوتوربایسون، رسوب زیستی، تجمع با ذرات رسوب و جذب توسط موجودات بیولوژیکی و در نتیجه انتقال ذرات میکروپلاستیکی به رسوبات قرار گیرد. در تالاب Bueng Boraphet تایلند، فراوانی بیش‌تر میکروپلاستیکی در مقایسه با زمین‌های کشاورزی در مناطق مسکونی و اجتماعی گزارش شده است. در مطالعه آنان، هیچ میکروپلاستیکی در آب منطقه حفاظت شده یافت نشد (۳۸). هم‌چنین در ایران، غلظت میکروپلاستیکی در آب‌های تالاب هشیلان بین ۲ تا ۶ مورد در لیتر (برابر با ۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ مورد در مترمکعب) گزارش شد که این غلظت ذرات میکروپلاستیکی در نزدیکی جاده‌ها زمین‌های کشاورزی و جاذبه‌های گردشگری بالاتر بود (۴۰).

در مطالعه حاضر ایستگاه ۵ با تعداد ۴۶ قطعه در لیتر آلوده‌ترین ایستگاه بود این ایستگاه نمونه‌برداری در محدوده پارک تفریحی تالاب آلمانگ بود که بیش‌ترین میزان فراوانی آلودگی میکروپلاستیکی را نشان داد که می‌تواند در نتیجه ریختن مستقیم زباله‌ها و پسماندهای صنعتی و انسانی به درون تالاب از طرف افرادی که از پارک ساحلی تالاب استفاده می‌کنند باشد. راستا و همکاران (۱۳۹۸) ارتباط آلودگی میکروپلاستیکی در نقاط مختلف تالاب انزلی را ناشی از ریختن زباله‌های پلاستیکی توسط حاشیه‌نشینان و برپایی بازار هفتگی و به دنبال آن دور ریز زباله‌ها از طرف کاسبان و بازارگردها به درون تالاب انزلی را علل آلودگی بالای آن نقاط عنوان کردند. هم‌چنین

رنگ میکروپلاستیک‌ها از آن‌جا که نوعی سیگنال غذا برای شکارچیان می‌باشد می‌تواند برای موجودات آبی مضر باشد. وجود ذرات میکروپلاستیکی شفاف و سفید ناشی از پلاستیک‌های یک‌بار مصرف می‌باشد و یا به دلیل عوامل محیطی به‌ویژه اشعه ماوراءبنفش رنگ خود را از دست داده‌اند (۴۹). اثر رنگ می‌تواند تا حد زیادی بر احتمال بلع این آلاینده‌ها توسط ارگانیسم‌های مختلف تأثیر بگذارد. نشان داده شده است که به‌خصوص قطعات سفید و آبی معمولاً توسط ماهی مصرف می‌شود (۵۰، ۵۱).

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه با وجود این‌که حضور میکروپلاستیک‌ها در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده شد، اما داده‌های به دست آمده نشان داد که منطقه‌ای که سهم بیشتری از فعالیت‌های انسانی را دارا می‌باشد بیش‌ترین میزان بار آلودگی میکروپلاستیکی را دارد. غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب آماگل هشدار را در مورد مدیریت ضعیف زباله و عواقب بالقوه زیست‌محیطی ایجاب می‌کند زیرا افزایش میکروپلاستیک‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به ناپدید شدن برخی ارگانیسم‌های آسیب‌پذیر در برابر این نوع آلودگی شود، بنابراین تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم در نتیجه تجمع آن‌ها در رسوبات محیط‌های آبی انتظار می‌رود. بنابراین، این مطالعه اهمیت مدیریت اصولی دفع زباله‌ها در جوامع روستایی و مناطق تفریحی حاشیه تالاب‌ها را برای محدود کردن آلودگی میکروپلاستیک در مناطق دارای اهمیت اکولوژیکی، مانند تالاب آماگل را برجسته می‌کند و جهت بهبود سیاست‌های مدیریت پسماند جامد و فاضلاب که باید از آلودگی میکروپلاستیک‌ها در محیط جلوگیری کند مفید خواهد بود.

مختلفی وجود دارند اشکالی مانند قطعات (گرد، زاویه‌دار)، تخت (سیلندر، دیسک و کروی)، رشته‌ای (الیاف) و گرانول‌ها (۴۴، ۴۵). میکروپلاستیک‌های محیط‌های واقعی از نظر انواع، شکل‌ها، اندازه‌ها و ترکیبات متنوع‌تر و پیچیده‌تر هستند (۴۶، ۴۷). در این بررسی میکروپلاستیک‌هایی به شکل فیبر، فرگمنت، پلت، بید و فیلم مشاهده شد میکروپلاستیک‌ها از نظر شکل به ۵ دسته تقسیم‌بندی شدند که فیبرها یا میکروپلاستیک‌های رشته‌ای و بعد از آن فرگمنت‌ها دارای بیش‌ترین میزان فراوانی در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری بودند. در بیش‌تر موارد، ذرات میکروپلاستیک به شکل فیبر، در آب‌های سطحی نسبت به رسوبات رایج‌تر است (۴۸). دالوند و حمیدی (۲۰۲۳) بیان نمودند الیاف و قطعات بیش‌ترین اشکال میکروپلاستیک گزارش شده در تمام اجزاء و همچنین کل اکوسیستم تالاب‌ها هستند. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد میکروپلاستیک‌هایی با شکل فیبر و فرگمنت بیش‌ترین میزان فراوانی را در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری داشتند. در بیش‌تر موارد، ذرات میکروپلاستیک به شکل فیبر، در آب‌های سطحی نسبت به رسوبات رایج‌تر است (۴۹).

در این بررسی میکروپلاستیک‌های یافت شده در ۹ رنگ مشکی، خاکستری، سفید، قرمز، آبی، سبز، نارنجی، زرد و قهوه‌ای مشاهده شدند. رنگ مشکی با ۲۰/۴ درصد دارای بیش‌ترین فراوانی و بعد از آن به ترتیب رنگ‌های خاکستری، سبز و سفید بیش‌ترین فراوانی را داشتند و رنگ زرد با ۰/۸ درصد و رنگ نارنجی با ۱ درصد دارای کم‌ترین میزان فراوانی بودند. راستا و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی آلودگی میکروپلاستیکی تالاب انزلی بیان کردند میکروپلاستیک‌های قرمز و سیاه به ترتیب با ۳۴/۱ درصد و ۳۰/۸ درصد بیش‌ترین فراوانی را داشتند. رنگ‌های شفاف به طور گسترده‌ای در صنعت پلاستیک، بسته‌بندی پلاستیکی، رزین پلاستیکی و سایر اقلام پلاستیکی رنگی استفاده می‌شود (۱).

## منابع

1. Cole, M., Webb, H., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2014). Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific reports*, 4(1), 4528. [doi.org/10.1038/srep04528](https://doi.org/10.1038/srep04528).
2. Dalvand, M., & Hamidian, A. H. (2023). Occurrence and distribution of microplastics in wetlands. *Science of the total environment*, 862, 160740. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160740](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160740).
3. Lasee, S., Mauricio, J., Thompson, W. A., Karnjanapiboonwong, A., Kasumba, J., Subbiah, S., ... & Anderson, T. A. (2017). Microplastics in a freshwater environment receiving treated wastewater effluent. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 528-532. [doi.org/10.1002/ieam.1915](https://doi.org/10.1002/ieam.1915).
4. Hendrickson, E., Minor, E. C., & Schreiner, K. (2018). Microplastic abundance and composition in western Lake Superior as determined via microscopy, Pyr-GC/MS, and FTIR. *Environmental science & technology*, 52(4), 1787-1796. [doi.org/10.1021/acs.est.7b05829](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05829).
5. Razeghi, N., Hamidian, A. H., Mirzajani, A., Abbasi, S., Wu, C., Zhang, Y., & Yang, M. (2022). Sample preparation methods for the analysis of microplastics in freshwater ecosystems: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-27. [doi.org/10.1007/s10311-021-01341-5](https://doi.org/10.1007/s10311-021-01341-5).
6. Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2018). Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of the total environment*, 633, 1549-1559. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.233](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.233).
7. Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution—Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water research*, 123, 401-407. [doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005).
8. Xu, X., Hou, Q., Xue, Y., Jian, Y., & Wang, L. (2018). Pollution characteristics and fate of microfibers in the wastewater from textile dyeing wastewater treatment plant. *Water Science and Technology*, 78(10), 2046-2054. [doi.org/10.2166/wst.2018.476](https://doi.org/10.2166/wst.2018.476).
9. da Costa, J. P., Santos, P. S., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). (Nano) plastics in the environment—sources, fates and effects. *Science of the total environment*, 566, 15-26. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041).
10. Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water research*, 91, 174-182. [doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002).
11. Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC Trends in analytical chemistry*, 65, 47-53. [doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.011](https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.011).
12. Lusher, A. L., Mchugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine pollution bulletin*, 67(1-2), 94-99. [doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028).
13. Mason, S. A., Welch, V. G., & Neratko, J. (2018). Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in chemistry*, 6, 389699. [doi.org/10.3389/fchem.2018.00407](https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00407).
14. Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental science & technology*, 51(12), 6634-6647. [doi.org/10.1021/acs.est.7b00423](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423).

15. Hamidian, A. H., Ozumchelouei, E. J., Feizi, F., Wu, C., Zhang, Y., & Yang, M. (2021). A review on the characteristics of microplastics in wastewater treatment plants: A source for toxic chemicals. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126480. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126480.
16. Li, N., Wu, M., Zhang, Y., Yuan, W., Wu, J., & Shao, X. (2023). A review on microplastics pollution in coastal wetlands. *Watershed Ecology and the Environment*, 5, 24-37. doi.org/10.1016/j.wsee.2022.11.010.
17. Sruthy, S., & Ramasamy, E. V. (2017). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: the first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental pollution*, 222, 315-322. doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.038.
18. Helcoski, R., Yonkos, L. T., Sanchez, A., & Baldwin, A. H. (2020). Wetland soil microplastics are negatively related to vegetation cover and stem density. *Environmental Pollution*, 256, 113391. doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113391.
19. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & 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. doi.org/10.1021/es2031505.
20. Bagheri, T., Gholizadeh, M., Abarghouei, S., Zakeri, M., Hedayati, A., Rabaniha, M., ... & Hafezieh, M. (2020). Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian sea. *Chemosphere*, 257, 127201. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127201.
21. Hurley, R., Woodward, J., & Rothwell, J. J. (2018). Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature Geoscience*, 11(4), 251-257.
22. Xia, F., Yao, Q., Zhang, J., & Wang, D. (2021). Effects of seasonal variation and resuspension on microplastics in river sediments. *Environmental Pollution*, 286, 117403. doi:10.1016/j.envpol.2021.117403.
23. Chen, X., Xiong, X., Jiang, X., Shi, H., & Wu, C. (2019). Sinking of floating plastic debris caused by biofilm development in a freshwater lake. *Chemosphere*, 222, 856-864. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.02.015.
24. He, B., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., & Rintoul, L. (2020). Abundance, distribution patterns, and identification of microplastics in Brisbane River sediments, Australia. *Science of the Total Environment*, 700, 134467. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134467.
25. Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., ... & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339-344. doi:10.1038/s41561-019-0335-5.
26. Klein, M., & Fischer, E. K. (2019). Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of the Total Environment*, 685, 96-103. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.405.
27. Bullard, J. E., Ockelford, A., O'Brien, P., & Neuman, C. M. (2021). Preferential transport of microplastics by wind. *Atmospheric Environment*, 245, 118038. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118038.
28. Riveros, G., Urrutia, H., Araya, J., Zagal, E., & Schoebitz, M. (2022). Microplastic pollution on the soil and its consequences on the nitrogen cycle: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 7997-8011. doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5.
29. Scheurer, M., & Bigalke, M. (2018). Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environmental science & technology*, 52(6), 3591-3598. doi:10.1021/acs.est.7b06003.

30. Townsend, K. R., Lu, H. C., Sharley, D. J., & Pettigrove, V. (2019). Associations between microplastic pollution and land use in urban wetland sediments. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 22551-22561. **doi:10.1007/s11356-019-04885-w.**
31. Qian, J., Tang, S., Wang, P., Lu, B., Li, K., Jin, W., & He, X. (2021). From source to sink: Review and prospects of microplastics in wetland ecosystems. *Science of The Total Environment*, 758, 143633. **doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143633.**
32. Cunha, C., & Junk, W. J. (2007). Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil: a preliminary typology. *Volume 17, fascículo 3/4, 2007, página 159-184.*
33. Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L. D., ... & Agostinho, A. A. (2014). Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 24(1), 5-22. **doi:10.1002/aqc.2386.**
34. Eo, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Han, G. M., & Shim, W. J. (2019). Spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water research*, 160, 228-237. **doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.053.**
35. Ramirez, M. M. B., Caamal, R. D., & von Osten, J. R. (2019). Occurrence and seasonal distribution of microplastics and phthalates in sediments from the urban channel of the Ria and coast of Campeche, Mexico. *Science of the Total Environment*, 672, 97-105. **doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.472.**
36. Badylak, S., Phlips, E., Batich, C., Jackson, M., & Wachnicka, A. (2021). Polystyrene microplastic contamination versus microplankton abundances in two lagoons of the Florida Keys. *Scientific Reports*, 11(1), 6029. **doi.org/10.1038/s41598-021-85388-y.**
37. Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M. S., & Namin, J. I. (2021). Microplastics in different tissues of some commercially important fish species from Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112479. **doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112479.**
38. Sarin, C., & Klomjek, P. (2022). Spatial and seasonal distribution of microplastic in surface water of Bueng Boraphet Wetland-a Ramsar wetland in Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(12), 904. **doi.org/10.1007/s10661-022-10578-8.**
39. Duan, Z., Zhao, S., Zhao, L., Duan, X., Xie, S., Zhang, H., ... & Wang, L. (2020). Microplastics in Yellow River Delta wetland: Occurrence, characteristics, human influences, and marker. *Environmental pollution*, 258, 113232. **doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113232.**
40. Abbasi, S. (2021). Prevalence and physicochemical characteristics of microplastics in the sediment and water of Hashilan Wetland, a national heritage in NW Iran. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101782. **doi.org/10.1016/j.eti.2021.101782.**
41. Rasta, Sattari, Shokrollahzadeh Taleshi, Imanpour Namin & Javid. (2020). Microplastic pollution in sediments of Anzali Wetland, southwestern Caspian Sea (Guilan Province). *Iranian Journal of Fisheries*. 29(4), 121-133.
42. Sanz-Lázaro, C. (2022). Microplastics in sediments of the Pantanal Wetlands, Brazil. *no. October*. **doi: 10.3389/fenvs.2022.1017480.**
43. Fan, Y., Zheng, K., Zhu, Z., Chen, G., & Peng, X. (2019). Distribution, sedimentary record, and persistence of microplastics in the Pearl River catchment, China. *Environmental Pollution*, 251, 862-870. **doi:10.1016/j.envpol.2019.05.056.**
44. Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., ... & Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater

- ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 1-9. doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7.
45. Zhao, J., Ran, W., Teng, J., Liu, Y., Liu, H., Yin, X., ... & Wang, Q. (2018). Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow Sea, China. *Science of the Total Environment*, 640, 637-645. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.346.
46. Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K., Wu, C., & Lam, P. K. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 274, 116554. doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554.
47. Zhang, S., Sun, Y., Liu, B., & Li, R. (2021). Full size microplastics in crab and fish collected from the mangrove wetland of Beibu Gulf: Evidences from Raman Tweezers (1–20  $\mu\text{m}$ ) and spectroscopy (20–5000  $\mu\text{m}$ ). *Science of the Total Environment*, 759, 143504. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143504.
48. Scherer, C., Weber, A., Stock, F., Vurusic, S., Egerci, H., Kochleus, C., ... & Reifferscheid, G. (2020). Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. *Science of the Total Environment*, 738, 139866. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139866.
49. Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of the Total Environment*, 754, 141948. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948.
50. Bray, L., Digka, N., Tsangaris, C., Camedda, A., Gambaiani, D., de Lucia, G. A., ... & Kaberi, H. (2019). Determining suitable fish to monitor plastic ingestion trends in the Mediterranean Sea. *Environmental pollution*, 247, 1071-1077. doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.100.
51. Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., ... & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of the total environment*, 717, 134625. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625.