نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management

سال سیزدهم- شماره ۵۰- پاییز ۱۴۰۴

Vol. 13, No. 50, Fall 2025

بررسی میزان و توزیع آلودگی میکرو پلاستیک تالاب‌های بین‌المللی حوزه آبخیز اترک غربی (مطالعه موردی: تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی گل)

نازنین پارسا[1*]، حسن رضائی[2]، سمیه نمرودی[3]، حسین وارسته[4] مرادی

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۴/۰۵

DOI:/ 10.22034/WMJI.2025.2057710.1110

چکیده

میکرو پلاستیک‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست، به‌ویژه در بوم‌سازگان‌های آبی، شناخته می‌شوند. این ذرات از منابع مختلفی مانند تجزیه پلاستیک‌های بزرگ، محصولات آرایشی و بهداشتی، صنایع و فاضلاب‌های شهری وارد محیط‌های آبی می‌شوند و به دلیل مقاومت بالا در برابر تجزیه، اثرات مخربی بر سلامت آبزیان و بوم‌سازگان‌ها دارند. تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی‌گل به‌عنوان زیستگاه‌های مهم پرندگان مهاجر و منابع آبی ارزشمند در حوزه آبخیز اترک غربی، از اهمیت بالایی برخوردارند و بررسی وضعیت آلودگی آن‌ها می‌تواند شاخصی برای ارزیابی سلامت این بوم‌سازگان‌ها باشد. مطالعه حاضر به بررسی میزان میکرو پلاستیک‌ها در این تالاب‌ها با دیدگاه تحلیل وضعیت آلودگی بوم‌سازگان‌های آبی حوزه اترک غربی پرداخته است. در این مطالعه، برای جداسازی میکرو پلاستیک‌ها از روش جداسازی تراکم و هضم مواد آلی با پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد استفاده شد. نمونه‌ها پس از فیلتراسیون و خشک‌کردن، با استریسکوپ دیجیتال موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد میانگین فراوانی میکرو پلاستیک‌ها در تالاب آلاگل ۳/۰۷ ذره، در تالاب آلماگل ۲/۱۳ ذره و در تالاب آجی‌گل ۲/۱۵ ذره در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب بود. نتایج آزمون Kruskal-Wallis نشان داد تفاوت معناداری بین تالاب‌ها وجود دارد (p= ۰/۰۲۶۳) و تالاب آلاگل بیش‌ترین میزان آلودگی را داراست. آزمون Dunn تفاوت معناداری را بین تالاب‌های آلاگل و آلماگل نشان داد (p= ۰/۰۱۷۵)، درحالی‌که تالاب‌های آلماگل و آجی‌گل ازنظر آماری تفاوت معناداری نداشتند. پلی‌اتیلن ترفتالات، پلی‌استایرن و پلی‌آمید ازجمله پلیمرهای غالب شناسایی‌شده در نمونه‌ها بودند. این یافته‌ها نشان‌دهنده تهدید بالقوه میکرو پلاستیک‌ها برای بوم‌سازگان‌های آبی و سلامت آبزیان است. این مطالعه لزوم توجه بیش‌تر به پایش و کنترل آلودگی میکرو پلاستیک‌ها در تالاب‌ها و سایر بوم‌سازگان آبی حوزه آبخیز را برجسته می‌کند. علاوه بر این، ارزیابی سلامت آبخیزها با تأکید بر تنوع شاخص‌های محیط‌زیستی و اجرای برنامه‌های جامع مدیریت آبخیزداری می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تأثیرات مخرب این آلودگی‌ها بر بوم‌سازگان‌های آبی ایفا کند.

واژگان کلیدی: ***آلودگی بوم‌سازگان‌های آبی، پلیمرهای مصنوعی، پایش آلودگی آب، مدیریت آبخیزداری.***

مقدمه

تولید و استفاده از پلاستیک از سال ۱۹۵۰ در سراسر جهان افزایش‌یافته است [۱]. بااین‌حال، دوام پلاستیک به یکی از مرتبط‌ترین و پایدارترین مشکلات آلودگی در جهان تبدیل‌شده است [۲]. تولید مداوم اقلام پلاستیکی جدید، همراه با شیوه‌های مدیریت ضعیف زباله، منجر به تجمع مداوم پلاستیک در محیط‌های مختلف شده است. زباله‌های پلاستیکی توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱٤ [۳] با در نظر گرفتن آسیب‌هایی که به موجودات و زیستگاه‌های موجودات وارد می‌کند به‌عنوان یک موضوع محیطی نوظهور طبقه‌بندی شدند. علاوه بر این، اثرات نه‌تنها زیست‌محیطی، بلکه اقتصادی و اجتماعی نیز هستند و بر تنوع زیستی دریایی و سلامت بوم‌سازگان تأثیر می‌گذارند [۱]. نگرانی ویژه میکرو پلاستیک‌ها هستند که در محیط‌های آبی مختلف یافت شده‌اند و می‌توانند سلامت بوم‌سازگان و محیط‌های آبی را به خطر بیندازند [٤].

تالاب‌ها اجزای حیاتی بوم‌سازگان‌های جهانی هستند که خدمات اکولوژیکی متعددی مانند فیلتر کردن آب و ایجاد زیستگاه برای گونه‌های مختلف ارائه می‌کنند. بااین‌حال، این مناطق به‌طور فزاینده‌ای در برابر آلودگی ناشی از میکرو پلاستیک‌ها آسیب‌پذیر هستند [۵]. این سیستم‌ها به‌عنوان پناهگاه‌های تنوع زیستی جهانی شناخته می‌شوند و ازنظر بیولوژیکی در جهان متنوع‌ترین هستند [٦].

۱- نویسنده مسئول دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. پست الکترونیک نویسنده مسئول:
Email.nazanin.parsa.5.1373@gmail.com

۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

٤- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

ازاین‌رو ارزیابی خصوصیات اکولوژیکی و حفاظت از تنوع زیستی برای درک پیامدهای محیط‌زیستی در این مناطق مهم است [۷]. میکرو پلاستیک‌ها خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی قابل‌توجهی در تالاب‌ها ایجاد می‌کنند [۸]. این ذرات کوچک توسط موجودات دریایی بلعیده‌شده و ممکن است باعث آسیب‌های فیزیکی یا انتقال آلاینده‌ها در زنجیره غذایی شوند [۹]. هم‌چنین میکرو پلاستیک‌ها می‌توانند آلاینده‌های آنتی‌بیوتیکی را جذب کنند و به‌طور بالقوه گسترش ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی را افزایش داده و اثرات سمی را بر زندگی آبزیان افزایش دهند و علاوه بر این، میکرو پلاستیک‌ها با سایر آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین تعامل می‌کنند که منجر به هم‌افزایی اثرات سمی بر روی بیوتای دریایی می‌شود [۱۰]. تحقیقات نشان داده است که میکرو پلاستیک‌ها می‌توانند در تالاب‌ها از طریق رواناب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی یا صنعتی [۱۱] و پساب‌های تصفیه‌خانه‌های فاضلاب انباشته شوند [۱۲]. فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی و شیوه‌های ضعیف مدیریت پسماند به‌طور قابل‌توجهی به افزایش سطح آلودگی میکرو پلاستیک در تالاب‌ها کمک می‌کنند [۱۳].

بررسی میکرو پلاستیک‌ها در تالاب‌ها مزایای زیادی دارد که به‌طور عمده در جهت درک اثرات محیط‌زیستی و ارتقای حفاظت از محیط‌زیست است. یکی از مزایای کلیدی آن این است که تالاب‌ها می‌توانند میکرو پلاستیک‌ها را در رسوبات گیاهی خود به دام انداخته و بدین ترتیب میزان ورود این آلاینده‌ها به دیگر منابع آبی را کاهش دهند [۵].

هم‌چنین بامطالعه توزیع میکرو پلاستیک و اثرات آن در بوم‌سازگان‌های تالاب، محققان می‌توانند بهتر درک کنند که چگونه این آلاینده‌ها بر تنوع زیستی و سلامت بوم‌سازگان تأثیر می‌گذارند. این دانش برای توسعه استراتژی‌هایی محافظت از گونه‌های آسیب‌پذیر و حفظ تعادل اکولوژیکی بسیار مهم است [۱۳و۱۴].

مطالعات مختلف فراوانی، توزیع و خطرات زیست‌محیطی مرتبط با میکرو پلاستیک‌ها را در سیستم‌های تالابی مختلف در سطح جهان بررسی کرده‌اند به‌عنوان‌مثال: دیلشاد و همکاران [۱۵] به بررسی توزیع میکرو پلاستیک‌ها در آب‌های سطحی و رسوبات جمع‌آوری‌شده از تالاب کلار کهار، پنجاب، پاکستان پرداختند. میکرو پلاستیک‌ها با استفاده از روش جداسازی بر اساس چگالی و اکسیداسیون مرطوب استخراج شدند. شناسایی میکرو پلاستیک‌ها با استفاده از میکروسکوپ استریو انجام شد و ترکیب پلیمرهای آن‌ها با استفاده از طیف‌سنجی مادون‌قرمز با [1] (ATR-FTIR) تعیین شد. نتایج آنان نشان داد که میانگین فراوانی میکرو پلاستیک‌ها در نمونه‌های آب و رسوب به ترتیب ۱۴/۵ ± ۸۸ مورد در لیتر و ۲۵۸۰ ± ۵۷۲۰ مورد در کیلوگرم بود و در بررسی طیف‌های میکرو پلاستیک‌های مرئی به‌صورت پلی‌پروپیلن (PP) پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE)[2] اتیلن وینیل استات (EVA)[3]، پلی‌اتیلن با چگالی کم (LDPE[4])، نیتریل، پلی‌متیل‌متاکریلات (PMMA)[5]، لاتکس، پلی‌اتیلن‌ترفتالات (PETE)[6] شناسایی شدند. آنان فعالیت‌های تفریحی، دفع نامناسب زباله و رواناب از حوزه‌های آبخیز را از دلایل اصلی آلودگی میکروپلاستیک‌ها در تالاب معرفی نمودند.

قنبری تپه و همکاران [۱۶] توزیع میکروپلاستیک‌ها را در رودخانه قره‌سو اردبیل بررسی کردند. در این مطالعه نمونه‌ها از پنج ایستگاه منتخب در رودخانه قره‌سو جمع‌آوری و طبق روش‌های استاندارد تحلیل شدند. جداسازی میکرو پلاستیک‌ها بر اساس اختلاف چگالی و روش هضم انجام و با استفاده از استریو میکروسکوپ و طیف‌سنج مادون‌قرمز FT-IR شناسایی شدند. نتایج آنان نشان داد که فیبرها فراوان‌ترین اشکال میکرو پلاستیک در رودخانه بودند. هم‌چنین میکرو پلاستیک‌های مشاهده‌شده به رنگ‌های سفید، سیاه، زرد، شفاف، قرمز، صورتی و سبز بودند. آنان اظهار داشتند وجود تنوع در اشکال، رنگ‌ها، فراوانی و اندازه‌های ذرات نشان‌دهنده ورود فاضلاب شهری و صنعتی به این رودخانه است.

رضایی و همکاران [۱۷] حضور میکروپلاستیک‌ها را در آب و رسوب ساحل بوم‌سازگان مانگرو قشم بررسی کردند. در مطالعه آن‌ها، رسوبات پس از خشک شدن و عبور از الک ۷ میلی‌متری، با محلول‌های اشباع NaCl و NaI مخلوط و سپس فیلتر شدند. فیلترها پس از خشک شدن در کوره حرارتی، با استریوسکوپ موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میانگین میکروپلاستیک‌ها در رسوبات مربوط به ایستگاه یک با ۶۷/۵۴ ذره بر کیلوگرم و کم‌ترین آن در ایستگاه سه با ۶۷/۹ ذره بر کیلوگرم بود. در آب، بیش‌ترین مقدار در ایستگاه یک و کم‌ترین مقدار در ایستگاه سه مشاهده شد. هم‌چنین بین میزان میکروپلاستیک‌ها در آب و رسوب همبستگی قوی ($R^2 = ۰/۹۶$) وجود داشت و ایستگاه‌های ۲ و ۳ ازنظر حضور میکرو پلاستیک مشابه بودند. آنان اظهار داشتند که در مناطقی با فعالیت انسانی بیش‌تر، تعداد میکروپلاستیک‌ها در آب و رسوب بالاتر است.

یافته‌های جمعی از این مطالعات بر ماهیت فراگیر میکروپلاستیک‌ها در بوم‌سازگان‌های مختلف تالابی تأکید می‌کند. آن‌ها هم خطرات ناشی از این آلاینده‌ها را برای آبزیان و هم‌پتانسیل تالاب‌های ساخته‌شده برای کاهش گسترش آن‌ها را برجسته می‌کنند. لذا ادامه تحقیقات برای درک بهتر پویایی تجمع میکرو پلاستیک و پیامدهای آن برای تنوع زیستی و سلامت بوم‌سازگان در محیط‌های تالاب ضروری است.

با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مطالعه بررسی فراوانی، ترکیب و سرنوشت میکروپلاستیک‌ها در تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آلماگل و آجی‌گل در حوزه آبخیز اترک غربی استان گلستان

1. Fourier Transform Infrared Spectroscopy
2. High-Density Polyethylene
3. Ethylene-vinyl acetate copolymer
4. Low-Density Polyethylene
5. Poly(methyl methacrylate)
6. Polyethylene Terephthalate

است تا درک فراوانی، ترکیب و سرنوشت میکروپلاستیک‌ها در این بوم‌سازگان‌ها آبی برای ارزیابی اثرات اکولوژیکی آن‌ها و توسعه استراتژی‌های مدیریت مؤثر آبخیزداری در زمینه حفاظت از این بوم‌سازگان‌ها شناخته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

تالاب آلاگل، آلماگل و آجی‌گل در نزدیکی مرز ایران–ترکمنستان و حومه شهرستان گنبدکاووس از استان گلستان در دشت ترکمن‌صحرا قرار دارد. این تالاب‌ها در حوزه آبخیز اترک غربی واقع‌شده‌اند. مساحت تالاب‌های آجی‌گل، آلاگل و آلماگل به ترتیب ۳۲۰، ۲۴۰۰ و ۲۰۸ هکتار می‌باشد که در فصول مختلف سال دچار نوسان زیادی می‌شود. این مناطق دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های خشک و گرم و آب هوای مدیترانه‌ای گرم هستند [۱۸]. این تالاب‌ها پذیرای تعداد زیادی از پرندگان مهاجر در زمستان برای جوجه‌آوری هستند. ۸۵ گونه پرنده که شامل ۱۹ گونه بومی و ٦٦ گونه مهاجر در این تالاب‌های سه‌گانه ثبت و شناسایی‌شده است [۱۹]. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی تالاب‌ها را نشان می‌دهد.

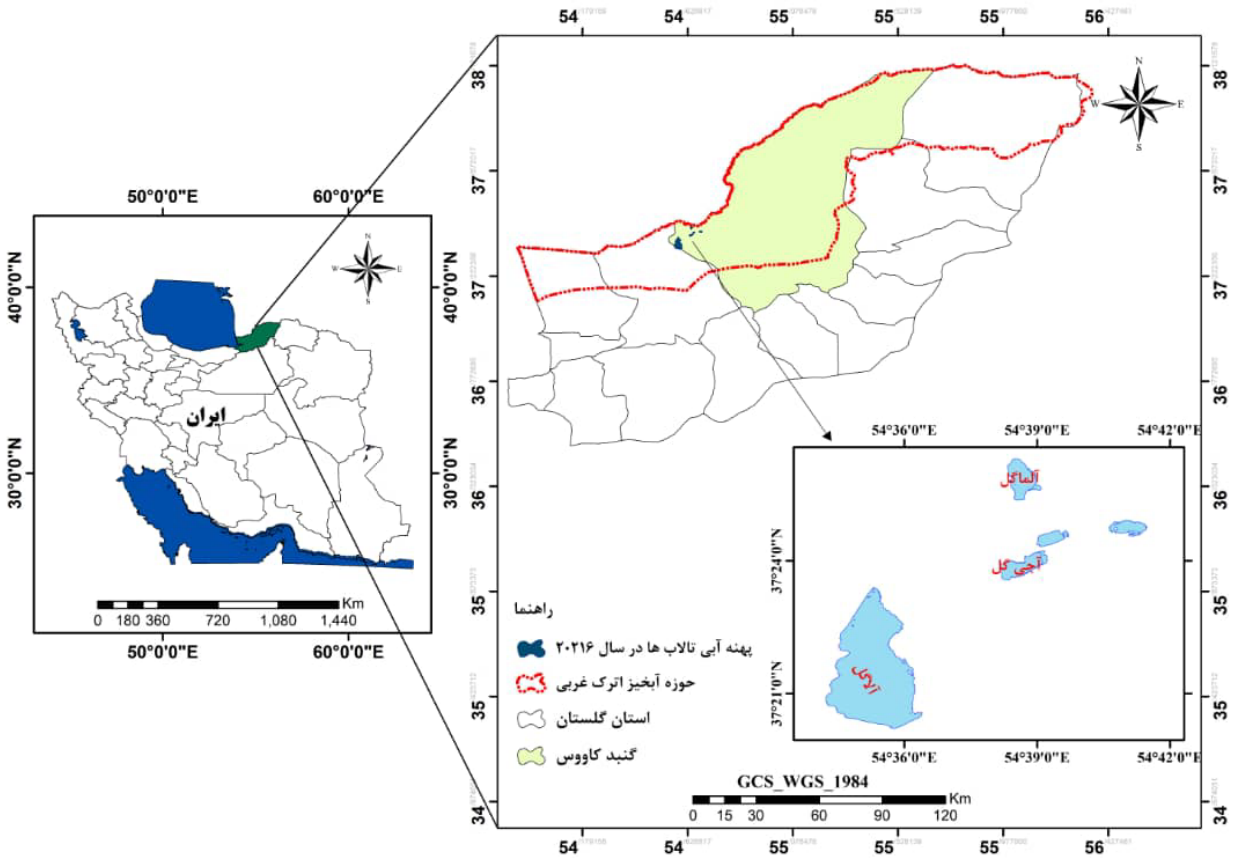
نحوه استخراج میکرو پلاستیک از محیط آبی

به‌منظور استخراج میکروپلاستیک‌ها از نمونه‌های محیط آبی، ابتدا ذرات از نمونه‌ها جدا شدند. در این راستا، از روش جداسازی بر پایه‌ی اختلاف چگالی استفاده گردید. برای حذف مواد آلی موجود، محلول ۳۰ درصد پراکسید هیدروژن به نمونه‌ها افزوده شد و مخلوط به‌وسیله‌ی همزن مغناطیسی به مدت مشخصی هم زده شد. پس از گذشت ٢٤ ساعت، نمونه‌ها در حالت سکون قرار گرفتند تا ذرات میکرو پلاستیک ته‌نشین شوند.

در ادامه، محلول حاوی میکروپلاستیک‌ها با استفاده از پمپ خلأ و فیلتر واتمن با قطر منافذ ۰/٤٥ میکرومتر فیلتر گردید. فیلترهای به‌دست‌آمده در کوره حرارتی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. پس از خشک‌سازی، فیلترها به ظروف پتری دیش منتقل‌شده و با استفاده از استریوسکوپ با بزرگنمایی × ٤٠ و دوربین دیجیتال تصویربرداری شدند. درنهایت، ذرات میکرو پلاستیک بر اساس شکل و اندازه طبقه‌بندی‌شده و با بهره‌گیری از روش سوزن داغ شمارش گردیدند [١٦].

شناسایی ترکیب شیمیایی میکرو پلاستیک

جهت شناسایی ترکیب شیمیایی قطعات میکروپلاستیک‌ها که مثلاً این قطعات پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن یا پلی وینیل کلراید هستند از FTIR استفاده شد و پیک‌ها بر اساس شکل و موقعیت ارزیابی شدند تا امکان تفکیک و شناسایی پلیمرهای میکرو پلاستیک فراهم گردد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب‌های بین‌المللی آجی‌گل، آلاگل و آلماگل در حوزه آبخیز اترک غربی استان گلستان

تجزیه‌وتحلیل آماری

بررسی نرمال بودن و همگنی واریانس

برای بررسی نرمال بودن داده‌های نمونه‌برداری شده از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. همگنی واریانس‌ها نیز با آزمون Levene بررسی شد. آزمون Shapiro-Wilk یک آزمون آماری است که برای ارزیابی نرمال بودن یک مجموعه داده استفاده می‌شود این آزمون با مقایسه توزیع داده‌ها با توزیع نرمال نظری، ارزیابی می‌کند که آیا یک نمونه از یک جمعیت نرمال توزیع‌شده است یا خیر. این آزمون به‌ویژه برای اندازه‌های نمونه کوچک مؤثر است و به‌طور گسترده در زمینه‌های مختلف، ازجمله روان‌شناسی و پزشکی، برای تأیید فرضیات لازم برای تجزیه‌وتحلیل‌های آماری بیش‌تر استفاده می‌شود [۲۰، ۲۱ و ۲۲].

آزمون Kruskal-Wallis

آزمون Kruskal-Wallis معادل ناپارامتری آزمون ANOVA است و برای تعیین اینکه آیا نمونه‌ها دارای توزیع مشابهی هستند یا خیر، به کار می‌رود [۲۳و۲٤] و در صورت نرمال نبودن داده‌ها از آن استفاده می‌شود. این آزمون که یک روش ناپارامتریک قدرتمند برای مقایسه چند گروه مستقل است، در این آزمون، کای-اسکوئر یک معیار آماری است که نشان می‌دهد داده‌های ما چقدر از حالت مورد انتظار (فرض صفر) فاصله دارند. به عبارت ساده‌تر، هرچه مقدار کای-اسکوئر بزرگ‌تر باشد، یعنی تفاوت بیش‌تر و هرچه مقدار کای اسکوئر کوچک‌تر باشد؛ یعنی تفاوت کم‌تر است.

آزمون Dunnett

پس از انجام آزمون one-way ANOVA، در صورت مشاهده تفاوت معنادار آماری، از آزمون Dunnett برای شناسایی گروه‌هایی که میانگین آن‌ها به‌طور معناداری با گروه کنترل متفاوت است، استفاده می‌شود. این آزمون به‌ویژه زمانی مفید است که محققان بخواهند چندین گروه آزمایشی را با یک گروه کنترل مقایسه کنند و تحلیل متمرکزتری از داده‌ها ارائه دهند. این آزمون زمانی به کار می‌رود که نتایج ANOVA نشان‌دهنده این باشد که حداقل یک میانگین گروهی متفاوت است، اما مشخص نمی‌کند کدام‌یک. آزمون Dunnett این خلأ را با ارائه مقایسه‌های جفتی به‌طور خاص با گروه کنترل پر می‌کند [۲۵].

روش انجام پژوهش

پس از انتخاب و شناسایی ایستگاه‌ها برای انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها از آب در طول فصل پاییز ۱٤۰۳ انجام شد. سپس بررسی آزمایشگاهی برای جداسازی میکروپلاستیک‌ها از آب و شناسایی و مشخص نمودن تعداد میکروپلاستیک‌ها در حجم نمونه انجام و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری FTIR ترکیب شیمیایی آنان شناسایی شد. درنهایت جهت مقایسه آلودگی میکرو پلاستیک در تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی‌گل از آزمون‌های آماری استفاده شد.

نتایج

شناسایی میکرو پلاستیک در آب تالاب آجی‌گل

جدول ۱ مقادیر غلظت میکروپلاستیک‌ها را در نمونه‌های آب تالاب آجی‌گل در دو تکرار مستقل نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول، میانگین غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب برابر با دو ذره در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه است. این مقدار نشان‌دهنده‌ی میزان آلودگی میکرو پلاستیکی در این بوم‌سازگان آبی است. شکل ۲ نمونه‌هایی از میکرو پلاستیک‌های شناسایی‌شده در زیر میکروسکوپ را نمایش می‌دهد.

شناسایی میکرو پلاستیک در آب تالاب آلماگل

جدول ۱ مقادیر غلظت میکروپلاستیک‌ها را در نمونه‌های آب تالاب آلماگل در دو تکرار مستقل نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول، میانگین غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب برابر با دو ذره در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه است. این مقدار نشان‌دهنده‌ی میزان آلودگی میکرو پلاستیکی در این بوم‌سازگان آبی است. علاوه بر این، شکل ۲ نمونه‌هایی از میکرو پلاستیک‌های شناسایی‌شده در زیر میکروسکوپ را نمایش می‌دهد.

شناسایی میکرو پلاستیک در آب تالاب آلا گل

جدول ۱ مقادیر غلظت میکروپلاستیک‌ها را در نمونه‌های آب تالاب آلاگل در دو تکرار مستقل نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های جدول، میانگین غلظت میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب برابر با سه ذره در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه است. این مقدار نشان‌دهنده‌ی میزان آلودگی میکرو پلاستیکی در این بوم‌سازگان آبی است. علاوه بر این، شکل ۲ نمونه‌هایی از میکرو پلاستیک‌های شناسایی‌شده در زیر میکروسکوپ را نمایش می‌دهد.

شناسایی و تحلیل میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب با استفاده از طیف‌سنجی مادون‌قرمز (FTIR)

نتیجه تفسیر طیف آب تالاب آلاگل

با توجه به شکل ۳ الگوی پیک‌های ناحیه انگشت‌نگاری بسیار مشخص و با الگوی استاندارد PET مطابقت دارد ترکیب نمونه احتمالاً شامل پلی‌اتیلن‌ترفتالات (PET) به‌عنوان جزء اصلی بر اساس پیک قوی Cm^{-1}۱۰۹۸/۳۹ است. مقداری پلی‌آمید یا نایلون بر اساس پیک Cm^{-1} ۱٦۳٦/۷۹ وجود دارد. این نمونه حضور میکروپلاستیک‌ها PET (پلی‌اتیلن ترفتالات) را تأیید می‌کند.

جدول ۱: مقادیر میکرو پلاستیک شناسایی‌شده در نمونه‌های آب تالاب‌ها

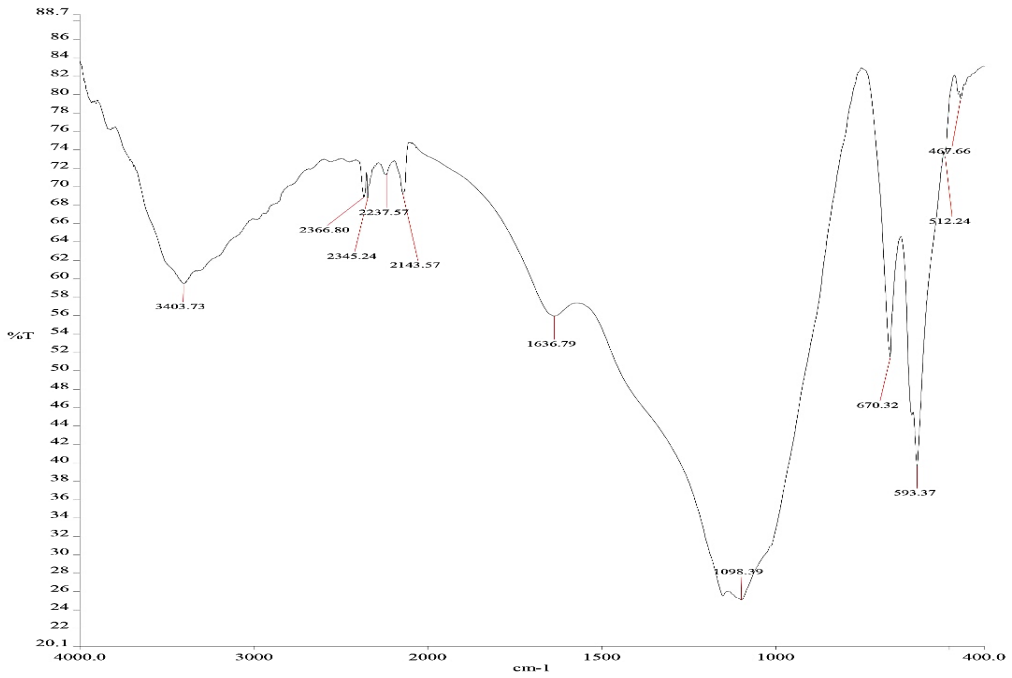
شماره نمونه	مقدار میکرو پلاستیک شناسایی‌شده در تکرارها (تعداد بر میلی‌لیتر)								
	تالاب آجی‌گل			تالاب آلاگل			تالاب آلماگل		
	(تعداد در ۵۰ میلی‌لیتر)		مجموع میکرو پلاستیک (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	(تعداد در ۵۰ میلی‌لیتر)		مجموع میکرو پلاستیک (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	(تعداد در ۵۰ میلی‌لیتر)		مجموع میکرو پلاستیک (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)
	آزمایش دوم	آزمایش اول		آزمایش دوم	آزمایش اول		آزمایش دوم	آزمایش اول	
۱	۰	۰	۰	۲	۱	۳	۱	۱	۲
۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۰	۱	۱
۳	۱	۱	۲	۳	۲	۵	۱	۱	۲
٤	۱	۲	۳	۱	۱	۲	۱	۲	۳
۵	۲	۱	۳	۳	۲	۵	۱	۱	۲
٦	۱	۱	۲	۲	۲	٤	۱	۰	۱
۷	۱	۲	۳	۲	۱	۳	۲	۲	٤
۸	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۳
۹	۱	۱	۲	۱	۳	٤	۱	۱	۲
۱۰	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۰	۱
۱۱	۲	۱	۳	۱	۲	۳	۱	۱	۲
۱۲	۱	۱	۲	۲	۱	۳	۱	۲	۳
۱۳	۱	۱	۲	۱	۲	۳	۱	۱	۲
۱٤	–	–	–	۱	۱	۲	۱	۱	۲
۱۵	–	–	–	–	–	–	۱	۱	۲

الف

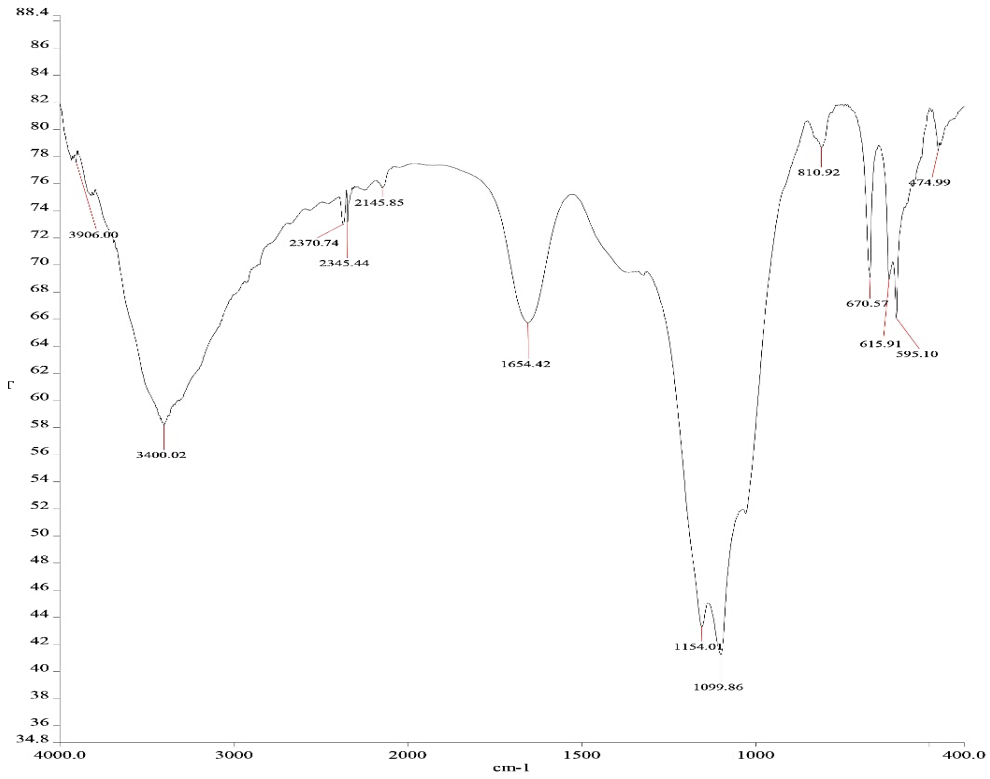
ب

ج

شکل ۲: نمونه میکرو پلاستیک در آب تالاب آلماگل (الف)، آلاگل (ب) و آجی‌گل (ج)



شکل ۳: نتیجه طیف‌سنجی مادون‌قرمز (FTIR) تالاب آلاگل



شکل ٤: نتیجه طیف‌سنجی مادون‌قرمز (FTIR) تالاب آلماگل

نتیجه تفسیر طیف تالاب آلماگل

با توجه به شکل ٤ این طیف شواهد قوی از وجود میکروپلاستیک‌ها در نمونه مشاهده می‌شود. الگوی پیک‌های ناحیه انگشت‌نگاری: پیک‌ها Cm^{-1} ۸۱۰/۹۲، ٦٧٠/٥٧، ٦١٥/٩١، ٥٩٥/١٠ و ٤٧٤/٩٩ الگوی ملاحظه شده مطابق با پلی‌استرها، به‌ویژه PET است.

پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) به‌عنوان جزء اصلی بر اساس پیک‌های قوی Cm^{-1} ١١٥٤/٠١ و Cm^{-1} ١٠٩٩/٨٦. هم‌چنین احتمال وجود پلی‌آمید (نایلون) بر اساس پیک Cm^{-1} ١٦٥٤/٤٢ و٣٩٠٦/٠٠ وجود دارد.

نتیجه تفسیر طیف تالاب آجی گل

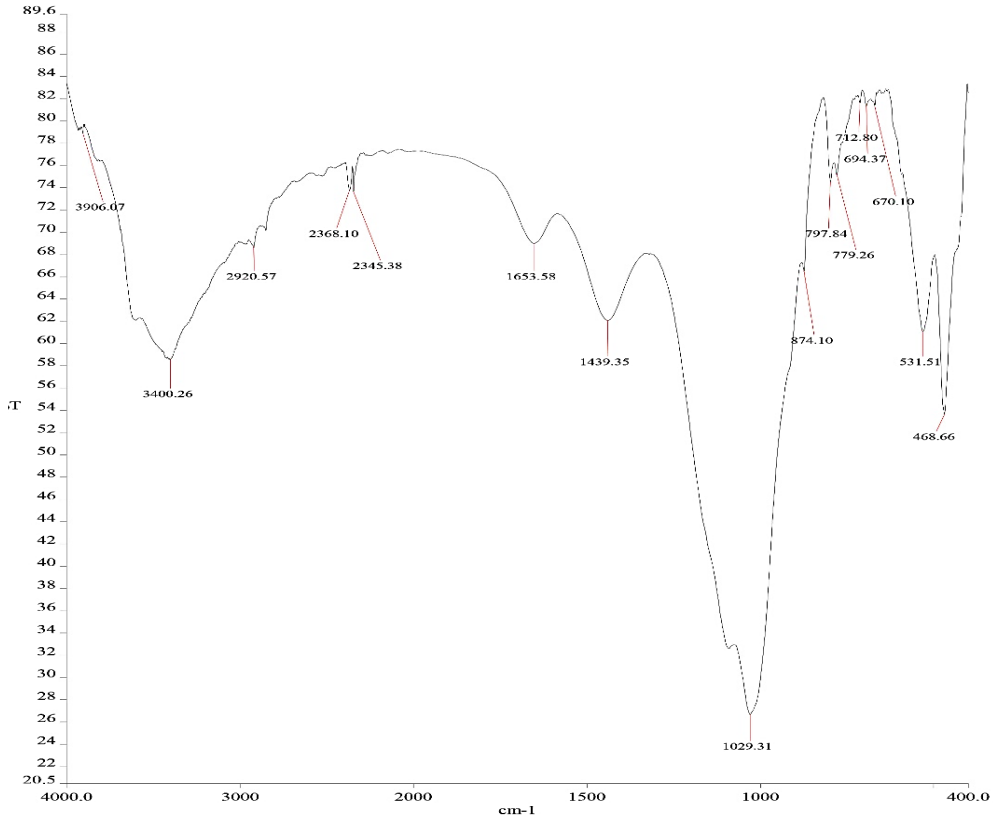
با توجه به شکل ۵ شواهد قابل‌توجهی از وجود میکرو پلاستیک نوع پلی‌استایرن (PS) شناسایی‌شده است. پیک مشخصه در حدود Cm^{-1} ۷۰۰ معکوس بسیار نزدیک به پیک مشخصه پلی‌استایرن است پیک قوی در Cm^{-1} ۱۰۲۹/۳۱، این پیک می‌تواند مربوط به کشش C-H درون صفحه‌ای حلقه آروماتیک در پلی‌استایرن باشد. پیک در ناحیه Cm^{-1} ۳۰۰۰–۳۱۰۰ نشان‌دهنده ارتعاشات کششی C-H آروماتیک باشند که مشخصه پلی‌استایرن است. پیک‌های Cm^{-1}۱۶۵۳/۵۸ و Cm^{-1}۲۹۲۰/۵۷: این پیک‌ها نیز در طیف پلی‌استایرن مشاهده می‌شوند. هم‌چنین برخی شواهد احتمالی برای وجود پلی‌اتیلن (PE) یا پلی‌پروپیلن (PP) نیز در طیف دیده می‌شود. درمجموع، طیف قویاً نشان‌دهنده وجود میکرو پلاستیک پلی‌استایرن (PS) است، با احتمال کم‌تری از وجود پلی‌اتیلن یا پلی‌پروپیلن.

مقایسه کلی میکروپلاستیک‌ها در آب تالاب‌های آلاگل، آجی گل و آلماگل

آمار توصیفی و بررسی نرمال بودن

در این مطالعه، جدول ۲ نتایج آمار توصیفی و وضعیت نرمال بودن داده‌های حاصل از تعداد نمونه‌های میکرو پلاستیک در آب تالاب‌ها را نشان می‌دهد. بررسی آماری داده‌های سه تالاب (آجی‌گل، آلاگل و آلماگل) نتایج قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. در بررسی آمار توصیفی، تالاب آلاگل با میانگین ۳/۰۷ بالاترین مقدار را در بین سه تالاب دارد، درحالی‌که آلماگل و آجی‌گل مقادیر مشابهی (به ترتیب۲/۱۳ و ۲/۱۵) را نشان می‌دهند. هم‌چنین نتایج آزمون Shapiro-Wilk نشان داد که توزیع داده‌ها در هر سه تالاب نرمال نیست.

هم‌چنین بررسی همگنی واریانس با آزمون Levene نشان داد که واریانس نمونه‌های میکرو پلاستیک در آب سه تالاب همگن هستند



شکل ۵: نتیجه طیف‌سنجی مادون‌قرمز (FTIR) تالاب آجی‌گل

جدول ۲: نتایج آمار توصیفی و وضعیت نرمال بودن داده‌ها

نام تالاب	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	میانه	Shapiro-Wilk	مقدار P	وضعیت نرمال بودن
آجی گل	۱۳	۲/۱۵	۰/۸	۲	۰/۷۱۹	۰/۰۰۰۸۷	نرمال نیست
آلا گل	۱٤	۳/۰۷	۱/۰۷	۳	۰/۸٤۲	۰/۰۱۷۸	نرمال نیست
آلما گل	۱۵	۲/۱۳	۰/۸۳	۲	۰/۸۵۹	۰/۰۲۳۸	نرمال نیست

(P= ۰/٤١٥٦)؛ بنابراین به دلیل نرمال نبودن داده‌ها، از آزمون ناپارامتری Kruskal-Wallis استفاده شد.

آزمون Kruskal-Wallis

جدول ۳ نتایج آزمون Kruskal-Wallis نمونه‌های میکرو پلاستیک در آب تالاب‌ها آجی گل، آلاگل و آلما گل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود دارد (P= ۰/۰۲٦۳).

جدول ۳: نتایج آزمون Kruskal-Wallis

کای-دو	درجه آزادی	مقدار P
۷/۲۷۷۵	۲	۰/۰۲٦۳

آزمون تعقیبی

جدول ٤ نتایج آزمون Dunn را نشان می‌دهد. این آزمون، یک آزمون ناپارامتری است که بعد از معنادار شدن آزمون Kruskal-Wallis برای مقایسه‌های دوتایی (جفتی) بین گروه‌ها استفاده می‌شود. این آزمون به‌جای مقایسه میانگین‌ها، میانگین رتبه‌ها را مقایسه می‌کند و برای کنترل خطای نوع اول در مقایسه‌های چندگانه، از تصحیح بونفرونی استفاده می‌کند. نتایج آزمون Dunn در این مطالعه نشان داد که از بین سه تالاب موردبررسی، تنها تفاوت معنادار بین تالاب‌های آلماگل و آلاگل وجود دارد (P= ۰/۰۱۷۵). میانگین رتبه‌های آلماگل به‌طور معناداری بالاتر از آلاگل است (اختلاف رتبه ۲/۵۲۲). در مقایسه آلاگل و آجی‌گل، اگرچه تفاوت معناداری مشاهده شد (اختلاف رتبه ۲/۰۸۹-)، اما این تفاوت ازنظر آماری در سطح ۰/۰۵ معنادار نبود (P= ۰/۰۵۵۱)، هرچند نزدیک به سطح معناداری بود. کم‌ترین تفاوت بین تالاب‌های آلماگل و آجی‌گل مشاهده شد (اختلاف رتبه ۰/۳۵۰، p۱ =) که نشان می‌دهد این دو تالاب ازنظر متغیر موردبررسی بسیار مشابه هستند. درمجموع، این نتایج نشان می‌دهد که شرایط در تالاب آلماگل به‌طور معناداری با آلاگل متفاوت است، درحالی‌که آجی‌گل شرایط متوسطی را نشان می‌دهد.

جدول ٤: نتایج آزمون تعقیبی Dunn (تصحیح بونفرونی)

مقایسه تالاب	مقدار اختلاف	مقدار P
آلاگل با آجی گل	-۲/۰۸۸	۰/۰۵۵۱
آجی گل با آلماگل	۰/۳٤۹	۱
آلماگل با آلاگل	۲/۵۲۱	۰/۰۱۷۵

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که میکروپلاستیک‌ها به‌طور قابل‌توجهی در آب تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی گل حضور دارند (با میانگین فراوانی ۳/۰۷ ذره در تالاب آلاگل، ۲/۱۳ ذره در تالاب آلماگل و ۲/۱۵ ذره در تالاب آجی‌گل در ۱۰۰ میلی‌لیتر). مطالعات مشابه در سایر مناطق نیز بر اهمیت بررسی و حضور میکروپلاستیک‌ها در بوم‌سازگان‌های تالابی تأکید داشتند. به‌عنوان‌مثال، مطالعه راستا و همکاران [۲٦] در تالاب انزلی نشان داد که میکروپلاستیک‌ها به‌طور گسترده‌ای در رسوبات تالاب حضور دارند و هم‌چنین، مطالعه جیان و همکاران [۲۷] در تالاب‌های استوایی اظهار داشتند که میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور و موردتوجه جهانی در تالاب‌ها به‌طور گسترده‌ای قرار گرفتند. بر اساس نتایج این مطالعه فراوانی بالاتر میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلاگل در مقایسه با تالاب‌های آلماگل و آجی گل می‌تواند ناشی از موقعیت جغرافیایی، فعالیت‌های انسانی و وجود تعداد زیاد زباله‌های پلاستیکی از قبیل پوکه‌های فشنگ پلاستیکی، نایلون، تور ماهیگیری، طناب و بطری پلاستیکی در حاشیه تالاب باشد که همسو با اظهارات محمدی گلنگش و همکاران [۲۸] در بیان اینکه استفاده مداوم از تورهای ماهیگیری و طناب‌های پلاستیک در صنعت صیادی از منابع آلودگی در منطقه می‌باشند، است.

مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که میکروپلاستیک‌ها در آب و رسوب ساحل بوم‌سازگان مانگرو قشم حضور دارند که بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین تعداد میکرو پلاستیک در آب: به ترتیب در ایستگاه ۱ با ۱۷/۳۳±٦/۵۱ ذره بر لیتر و در ایستگاه ۳ با ۳/۳۳±۱/۵۳ذره بر لیتر بود [۱۷].

در تحقیقات اخیر که در استان مازندران بر روی میکرو پلاستیک‌های ساحلی انجام‌شده است، ایستگاه نور با ۱۱٦ ± ۳٦۰ قطعه در کیلوگرم دارای بیش‌ترین غلظت میکروپلاستیک‌ها بود، درحالی‌که کم‌ترین غلظت در ایستگاه محمودآباد با ۱۲ ± ۱۱۲قطعه در کیلوگرم گزارش‌شده است [۲۹].

مطالعات دیگر که آلودگی میکرو پلاستیک در تالاب انزلی، جنوب غربی دریای خزر بررسی شد، نشان داد تعداد میکروپلاستیک‌ها در محدوده ١٤ تا ۲۸۲ قطعه در هر ۱۰۰ گرم از رسوب خشک است. این رقم معادل ١٤۰ تا ۲۸۲۰ قطعه در یک کیلوگرم رسوب خشک می‌باشد نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ایستگاه ۱۰ با میانگین ۲۸۲±١٤/١٧١ قطعه میکرو پلاستیک در هر ۱۰۰ گرم رسوب خشک، بیش‌ترین میزان آلودگی را دارد، درحالی‌که ایستگاه ۹ با میانگین ۳±١٤ قطعه، کم‌ترین میزان آلودگی را به خود اختصاص داده است [۲٦]؛ بنابراین، می‌توان گفت که نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات فوق همسویی دارد.

نتایج آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که تفاوت معناداری بین تالاب‌ها وجود دارد (P= ۰/۰۲٦۳) که بیش‌ترین مقدار میانگین میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلاگل (۳/۰۷ ذره در ۱۰۰ میلی‌لیتر) مشاهده شد، درحالی‌که تالاب‌های آلماگل و آجی‌گل به ترتیب دارای میانگین ۲/۱۳ ذره در ۱۰۰ میلی‌لیتر و ۲/۱۵ ذره در ۱۰۰ میلی‌لیتر بودند. آزمون Dunn نشان داد که تنها تفاوت معنادار بین

تالاب‌های آلماگل و آلاگل مشاهده شد ($p = ۰/۰۱۷۵$) و تفاوت بین آلاگل و آجی‌گل ازنظر آماری معنادار نبود ($p= ۰/۰۵۵۱$)، هرچند نزدیک به سطح معناداری بود. کم‌ترین تفاوت بین تالاب‌های آلماگل و آجی‌گل مشاهده شد ($p = ۱$) که نشان می‌دهد این دو تالاب ازنظر فراوانی میکروپلاستیک‌ها بسیار مشابه هستند.

بررسی طیف‌سنجی FTIR نشان داد که پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)، پلی‌استایرن (PS) و پلی‌آمید (نایلون) از رایج‌ترین پلیمرهای شناسایی‌شده در این مطالعه بودند. این نتایج با مطالعات انجام‌شده دالوند و حمیدیان [۳۰] در گردآوری کلیه مطالعات جهان مطابقت دارد آنان اظهار داشتند که بر اساس مطالعات گردآوری‌شده ازنظر ویژگی‌های ذرات، ترکیب‌های شیمیایی پلی‌پروپیلن (PP) / پلی‌اتیلن (PE) و اشکال ذرات به‌صورت الیاف و قطعات، در بوم‌سازگان‌های آبی غالب‌ترین هستند.

یافته‌های این مطالعه با نتایج تحقیقات پیشین همخوانی دارد و نشان می‌دهد که تالاب‌ها می‌توانند به‌عنوان مخازن میکروپلاستیک‌ها عمل کنند. این امر بر ضرورت اقدامات مدیریتی جهت کاهش ورود میکروپلاستیک‌ها به تالاب‌ها و حفاظت از این بوم‌سازگان‌های ارزشمند تأکید دارد.

از محدودیت‌های این پژوهش، تعداد نمونه‌برداری محدود در فصل پاییز بود که ممکن است نمایانگر وضعیت کلی آلودگی در تمام فصول سال نباشد. هم‌چنین، عدم بررسی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات و موجودات زنده ممکن است ارزیابی جامعی از تأثیرات این آلاینده‌ها ارائه ندهد. محدودیت دیگر عدم شناسایی منابع بالقوه میکروپلاستیک‌ها ازنظر فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، فاضلاب یا گردشگری است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی بررسی منابع ورودی میکروپلاستیک‌ها و تنوع فصلی آن‌ها در نظر گرفته شود.

درمجموع، نتایج این مطالعه اهمیت بررسی میکروپلاستیک‌ها در تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی گل را برجسته می‌سازد. تفاوت‌های مشاهده‌شده در فراوانی و نوع میکروپلاستیک‌ها نشان‌دهنده تأثیر عوامل محیطی و انسانی در انتشار این آلاینده‌ها است. ادامه مطالعات برای شناسایی منابع اصلی میکروپلاستیک‌ها و ارزیابی اثرات اکولوژیکی آن‌ها می‌تواند به توسعه استراتژی‌های مدیریت پایدار برای حفاظت از تالاب‌ها کمک کند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف بررسی میزان آلودگی میکرو پلاستیک در آب تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آلماگل و آجی‌گل در حوزه آبخیز اترک غربی استان گلستان انجام شد. نتایج نشان داد که میکروپلاستیک‌ها به‌طور قابل‌توجهی در هر سه تالاب اما با فراوانی متفاوت حضور دارند. نتایج مطالعه گویای این بود که غلظت میکروپلاستیک‌ها در تالاب آلاگل به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از آلماگل است و این یافته‌ها تأیید می‌کند که بوم‌سازگان‌های تالابی مستعد تجمع میکروپلاستیک‌ها هستند. این مسئله نگرانی‌هایی را در مورد سلامت اکولوژیکی این تالاب‌های ارزشمند و تأثیرات بالقوه این آلاینده‌ها بر زیستمندان ساکن در آن‌ها و به‌طورکلی سلامت بوم‌سازگان‌های آبی حوزه آبخیز اترک غربی ایجاد می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه، برای مدیریت بهتر و کاهش آلودگی میکرو پلاستیک در تالاب‌های موردمطالعه، پیشنهادات مختلفی ارائه می‌شود. نخستین پیشنهاد، استقرار برنامه‌های پایش منظم بوم‌سازگان‌های آبی حوزه‌های آبخیز است تا تغییرات غلظت میکروپلاستیک‌ها در فصول مختلف سال و در طول زمان ارزیابی شود. هم‌چنین، شناسایی و کنترل منابع آلودگی یکی از اقدامات ضروری به شمار می‌رود، به‌ویژه با تمرکز بر منابع اصلی ورود میکروپلاستیک‌ها به تالاب‌ها و اعمال محدودیت‌ها برای کاهش این آلاینده‌ها. افزایش آگاهی عمومی از طریق برنامه‌های آموزشی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌تواند با اطلاع‌رسانی به جوامع محلی، ماهیگیران، کشاورزان و گردشگران، خطرات میکروپلاستیک‌ها را کاهش دهد. از طرف دیگر، بهبود سیستم‌های جمع‌آوری و مدیریت پسماند در اطراف تالاب‌ها، به‌ویژه کاهش استفاده از پلاستیک‌های یک‌بارمصرف، گامی مؤثر در کاهش ورود میکروپلاستیک‌ها به این بوم‌سازگان‌ها خواهد بود. در کنار این موارد، انجام پژوهش‌های تکمیلی برای بررسی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات تالاب‌ها و موجودات زنده به درک بهتر چرخه این آلاینده‌ها در بوم‌سازگان کمک خواهد کرد. هم‌چنین، مطالعات اکوتوکسیکولوژی برای بررسی اثرات سمی میکروپلاستیک‌ها بر موجودات تالابی، به‌ویژه گونه‌های آبزی و پرندگان مهاجر، از اهمیت بالایی برخوردار است. تدوین استانداردها و مقررات دقیق برای غلظت مجاز میکروپلاستیک‌ها و اعمال جریمه برای آلوده‌کنندگان نیز می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند. سازماندهی برنامه‌های پاک‌سازی منظم حاشیه تالاب‌ها و تقویت همکاری‌های بین‌بخشی بین سازمان‌های محیط‌زیست، دانشگاه‌ها، جوامع محلی و بخش خصوصی از دیگر پیشنهادات مطرح است. درنهایت، ترویج استفاده از محصولات زیست‌تخریب‌پذیر و جایگزین‌های دوستدار محیط‌زیست به‌جای پلاستیک‌های متداول می‌تواند به حفظ بوم‌سازگان‌های تالابی کمک کند. با اجرای این پیشنهادات، می‌توان گام‌های مؤثری در جهت کاهش آلودگی میکرو پلاستیک در تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی‌گل برداشت و به حفظ این بوم‌سازگان‌های ارزشمند برای نسل‌های آینده کمک کرد.

منابع

1-Velez, N., Zardi, G. I., Savio, R. L., McQuaid, C. D., Valbusa, U., Sabour, B., and Nicastro, K. R. 2019. A baseline assessment of beach macrolitter and microplastics along northeastern Atlantic shores. Marine Pollution Bulletin, 149-, 110649.

2-Villarrubia-Gómez, P., Cornell, S. E., and Fabres, J. 2018. Marine plastic pollution as a planetary boundary

threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. -Marine Policy, 96, 213–220.

3-United Nations Environment Programme, Division of Early Warning, and Assessment. 2011. UNEP year book 2011: Emerging issues in our global environment-. UNEP/Earthprint.

4-Rodrigues, S. M., Elliott, M., Almeida, C. M. R., and Ramos, S. 2021. Microplastics and plankton: Knowledge from laboratory and field studies to distinguish contamination from pollution. Journal of Hazardous Materials, 417, 126057.

5-Almeida, C. M. R., Sáez-Zamacona, I., Silva, D. M., Rodrigues, S. M., Pereira, R., and Ramos, S. 2023. The role of estuarine wetlands (saltmarshes) in sediment microplastics retention. Water, 15 (7): 1382.

6-Junk, W. J., Brown, M., Campbell, I. C., Finlayson, M., Gopal, B., and others. 2006. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. Aquatic Sciences, 68, 400–414.

7-Hosseini Mousavi, S. M., Amini, A., and Saba, M. S. 2001. Trend of changes in diversity and density indices of waterfowl and shorebirds overwintering in Hur al-Azim and Shadegan wetlands (2006–2009). Wetland Ecobiology, 3 (12): 69–80. (In Persian)

8-Athukorala, A., Amarathunga, A. A. D., De Silva, D. S. M., Bakir, A., McGoran, A., Sivyer, D., and De Silva, R. C. L. 2023. Microplastics in lagoon ecosystems: A review on occurrence and methods for microplastic detection. Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy, 123 (3): 121–135.

9-Montoya-Melgoza, A., Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M. A., Durán-Campos, E., Salas-de-León, D. A., Armstrong-Altrin, J. S., Quiroz-Martínez, B., and Cházaro-Olvera, S. 2024. Microplastics ingestion by copepods in two contrasting seasons: A case study from the Terminos Lagoon, Southern Gulf of Mexico. Microplastics, 3 (3):405.

10-Adeleye, A. T., Bahar, M. M., Megharaj, M., Fang, C., and Rahman, M. M. 2024. The unseen threat of the synergistic effects of microplastics and heavy metals in aquatic environments: A critical review. Current Pollution Reports, 10 (3), 478–497.

11-Gao, H., Chen, H., Jin, Y., Gao, R., Wei, C., Zhang, C., and Zhang, W. 2024. Occurrence and speciation of pollutants in Guilin Huixian Wetland: Nutrients, microplastics, heavy metals, and emerging contaminants. Water, 16 (19): 2816.

12-Li, Y., He, J., Li, Y., Sun, Z., Du, H., Wang, D., Zhang, P., and Li, H. 2023. Abundance, characteristics, and removal of microplastics in the Cihu Lake-wetland microcosm system. Water Science & Technology, 88 (1): 278–287.

13-Camargo, A. L. G., Girard, P., Sanz-Lazaro, C., Silva, A. C. M., De Faria, É., Figueiredo, B. R. S., and Blettler, M. C. 2022. Microplastics in sediments of the Pantanal Wetlands, Brazil. Frontiers in Environmental Science, 10, 1017480.

14-Zhang, Q., Xie, J., Ma, S., Chen, Y., Lin, F., and Diao, X. 2023. Occurrence and characteristics of microplastics in benthic species from mangrove wetlands of Hainan, South China. Frontiers in Marine Science, 10, 965059.

15-Dilshad, A., Taneez, M., Younas, F., Jabeen, A., Rafiq, M. T., and Fatimah, H. 2022. Microplastic pollution in the surface water and sediments from Kallar Kahar wetland, Pakistan: Occurrence, distribution, and characterization by ATR-FTIR. Environmental Monitoring and Assessment, 194 (7): 511.

16-Ghanbari Tapeh, N., Fataei, E., Naji, A., Imani, A. A., and Nasehi, F. 2022. Determination of frequency, distribution and composition of microplastics in the waters of Qarasu Ardabil River. Journal of Health, 13 (2): 199–212. (In Persian)

17-Rezaei, K., Javanshir, A., and Bazrafshan, O. 2024. Investigating the presence of microplastics in the water and sediment of Qeshm mangrove ecosystem beach (Case study of Tabl mangrove forest). Journal of Natural Environment, 76 (Special Issue Protected Areas), 57–65. (In Persian)

18-Kaboli, M., Karimi, M., and Hasanzadeh, K. B. 2006. A study of the factors affecting the breeding success of marsh harrier (Circus aeruginosus) as an umbrella species in Aji-gol, Ala-gol and Alma-gol international wetlands of Turkmen Steppe. (In Persian)

19-Feizi, V., and Shoja Jamal Abad, M. 2012.

Determination of oil pollutions (polycyclic aromatic hydrocarbons) residuals in water of three international wetlands (Alagol, Almagol and Agigol) in the north of Iran. Journal of Environmental Science and Engineering, 49: 57. (In Persian)

20-Sarkadi, K. 1975. The consistency of the Shapiro Francia test. Biometrika, 62 (2): 445–450.

21-Khan, H., and Basharat, M. 2020. Correlation of Vit D3 and serum ferritin levels in anemic patients in a hospital based study. The Professional Medical Journal, 27 (11): 2376–2382.

22-Carmona Esteva, F. J., Zhang, Y., Maginn, E. J., and Colón, Y. J. 2024. Consistent and reproducible computation of the glass transition temperature from molecular dynamics simulations. The Journal of Chemical Physics, 161 (1).

23-Kruskal, W. H., and Wallis, W. A. 1953. Errata: Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association, 48 (264): 907–911.

24-Kruskal, W. H. 1952. A nonparametric test for the several sample problem. The Annals of Mathematical Statistics, 23 (4): 525–540.

25-Dunnett, C. W. 1955. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. Journal of the American Statistical Association, 50 (272): 1096–1121.

26-Rasta, M., Sattari, M., Shokrollahzadeh Taleshi, M., and Imanpour Namin, J. 2020. Microplastic pollutions in the Anzali Wetland sediments, Southwest Caspian Sea (Guilan Province, Iran). Iranian Scientific Fisheries Journal, 29 (4): 121–133. (In Persian)

27-Jian, M., Niu, J., Li, W., Huang, Y., Yu, H., Lai, Z., and Xu, E. G. 2022. How do microplastics adsorb metals? A preliminary study under simulated wetland conditions. Chemosphere, 309, 136547.

28-Mohammadi Galangash, M., Echresh, A., and Sanati, A. M. 2021. Investigation of microplastics in coastal sediments of the Caspian Sea (Guilan province, Iran). Journal of Oceanography, 12 (47): 84–92. (In Persian)

29-Mataji, A., Taleshi, M. S., and Balimoghaddas, E. 2020. Distribution and characterization of microplastics in surface waters and the southern Caspian Sea coasts sediments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 78 (1): 86–93.

30-Dalvand, M., and Hamidian, A. H. 2023. Occurrence and distribution of microplastics in wetlands. Science of the Total Environment, 862, 160740.

نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری

Extension and Development of Watershed Management

Vol. 13, No. 50, Fall 2025

سال سیزدهم- شماره ۵۰- پاییز ۱۴۰۴

Abstract

Assessment of Microplastic Pollution in the International Wetlands of the Western Atrak Watershed (A Case Study of Alagol, Alma Gol, and Aji Gol Wetlands)

N. Parsa[1]*, H. Rezaie[2], S. Namrodi[3], H. Varaste[4]

Received: 2025/04/12 Accepted: 2025/06/26

Microplastics are recognized as one of the most significant environmental pollutants, particularly in aquatic ecosystems. These particles enter aquatic environments from various sources such as the degradation of larger plastics, cosmetic and personal care products, industrial processes, and urban wastewater. Due to their high resistance to decomposition, they pose detrimental effects on the health of aquatic organisms and ecosystems. Alagol, Almagol, and Ajigol wetlands, as essential habitats for migratory birds and valuable water resources in the Atrak Western Watershed, are of great importance. Assessing their pollution status can serve as an indicator for evaluating the health of these ecosystems. The present study examines the concentration of microplastics in these wetlands, with a focus on assessing the pollution status of aquatic ecosystems in the Atrak Western Watershed. In this study, microplastics were isolated using density separation and organic matter digestion with 30% hydrogen peroxide. After filtration and drying, the samples were examined using a digital stereoscope. The results indicated that the average abundance of microplastics in Alagol was 3.07 particles, in Almagol was 2.13 particles, and in Ajigol was 2.15 particles per 100 mL of water. The Kruskal-Wallis test revealed a significant difference between the wetlands ($p = 0.0263$), with Alagol exhibiting the highest level of pollution. Dunn's post-hoc test showed a significant difference between Alagol and Almagol ($p= 0.0175$), whereas no statistically significant difference was observed between Almagol and Ajigol. Polyethylene terephthalate, polystyrene, and polyamide were among the predominant polymers identified in the samples. These findings underscore the potential threat of microplastics to aquatic ecosystems and the health of aquatic organisms. This study emphasizes the importance of increased attention to monitoring and controlling microplastic pollution in wetlands and other aquatic ecosystems within watersheds. Furthermore, assessing watershed health with an emphasis on the diversity of environmental indicators and implementing comprehensive watershed management programs can play a vital role in mitigating the detrimental impacts of this pollution on aquatic ecosystems.

Keywords: Aquatic ecosystem pollution, Synthetic polymers, Watershed management, Water pollution monitoring.

1. PhD Candidate in Environmental Science and Engineering, Faculty of Fisheries and Environmental , Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2. Associate Professor of Environmental Science and Engineering, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3. Associate Professor of Environmental Science and Engineering, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

4. Associate Professor of Environmental Science and Engineering, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.