مقاله علمی -پژوهشی:

فراوانی و توزیع مکانی ذرات میکروپلاستیک در رسوبات رودخانه خرمارود، استان گلستان

محمد قلی‌زاده*[۱]، فاطمه صابری[۱]، دنیا حاتمی[۱]

*gholizade_mohammad@yahoo.com

۱. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۲

چکیده

رودخانه‌ها به طور موثر میکروپلاستیک‌ها را به دریاها منتقل می‌کنند، اما در طول این انتقال، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به طور موقت در رسوبات ذخیره شوند جایی‌که به دلیل فرآیندهای بیولوژیک و فیزیکی، بیشتر دچار تکه تکه شدن می‌شوند. این مطالعه با هدف بررسی توزیع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها (MPs) در رسوبات سطحی رودخانه خرمارود، استان گلستان انجام شده است. در مجموع، ۱۵ نمونه رسوب (۵ ایستگاه با ۳ تکرار) در فصل بهار، سال ۱۴۰۱ نمونه‌برداری شد که شناسایی فیزیکی میکروپلاستیک‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفت. ترکیبات پلیمری آنها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز تبدیل فوریه بازتاب کل ضعیف (ATR-FTIR) مشخص شد. نتایج نشان داد که ایستگاه ۵، با فعالیت انسانی بالا ۱۶۰±۸۸۰ ذره در یک کیلوگرم از رسوبات خشک، بیشترین فراوانی میکروپلاستیک و ایستگاه ۱، بالادست رودخانه با ۶۶±۲۰۰ ذره بر کیلوگرم دارای کمترین فراوانی بود. میانگین MPs مشاهده شده در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه ۱۷/۸۰±۴۳۰/۹۲ ذره بود. بیشترین فراوانی را میکروپلاستیک‌های رشته‌ای (۷۷/۵۲ درصد) و کمترین فراوانی را فیلم‌ها (۳/۱۰ درصد) داشتند. نتایج نشان داد که گروه ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر با ۴۴/۱۹ درصد، بیشترین فراوانی درحالی‌که گروه ۵۰۰۰-۳۰۰۰ با ۳/۸۸ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. رنگ سیاه با ۵۵/۸۱٪ بیشترین و رنگ آبی با ۲/۳۳ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. ترکیب پلیمری MPs شامل پلی‌پروپیلن (PP، ۴۱ درصد)، پلی‌اتیلن (PE، ۳۰ درصد)، پلی‌استایرن (PS، ۱۶ درصد) پلی‌استر (PS، ۱۱ درصد) و پلی‌آمید (PA، ۲ درصد) بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که MPs در رسوبات ساحلی منابع متعددی دارند که غالباً از توریسم، فاضلاب و بسته‌بندی مشتق شده است.

لغات کلیدی: میکروپلاستیک، رسوب، رودخانه خرمارود، ATR-FTIR

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

مقدمه

میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک آلاینده در حال ظهور در بوم سامانه‌های آبگین که سال‌ها بر محیط زیست تأثیر گذاشته است، در حال افزایش است (Lam *et al.*, 2022). رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها تحت تأثیر آلودگی میکروپلاستیک قرار گرفته و چندین دهه است که مسبب نگرانی‌های مهم زیست‌محیطی بوده‌اند (Dey *et al.*, 2021). امروزه استفاده از پلاستیک و محصولات پلاستیکی آنقدر گسترده شده است که تصور زندگی بدون آنها ممکن است قابل درک نباشد. ارزان بودن، در دسترس بودن و عدم جذب رطوبت، آنها را به مواد بسته‌بندی عالی تبدیل می‌کند. پلاستیک‌ها به عنوان نوعی از مواد پلیمری مصنوعی با پایداری شیمیایی بالا و خاصیت ارتجاعی قوی، به طور گسترده در صنایع بسته‌بندی، ساخت‌وساز، نساجی، داروسازی، کشاورزی و الکترونیک استفاده می‌شوند. تولید جهانی پلاستیک از دهه ۱۹۵۰ به طور تصاعدی افزایش یافته و در سال‌های اخیر نگرانی‌های جهانی را در مورد دفع نادرست پلاستیک و توزیع گسترده زباله‌های پلاستیکی در محیط ایجاد کرده است. برای مثال، صنایع بسته‌بندی، مصالح ساختمانی و لباس، به بخش مهمی از زباله‌های انسانی تبدیل شده است (Naji *et al.*, 2019). تولید و توسعه هزاران محصول جدید پلاستیکی پس از جنگ جهانی دوم شتاب گرفت و دوران جدید را به‌گونه‌ای متحول کرد که زندگی بدون پلاستیک اکنون برای انسان غیرقابل تصور است (Yogalakshmi and Singh, 2020).

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از طریق زنجیره غذایی در رودخانه حمل شوند. همچنین آنها باعث ایجاد یک‌سری اثرات سمی بر موجودات زنده می‌شوند. آلودگی میکروپلاستیک در محیط رودخانه‌ای (آب، رسوب و آبزیان) در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتر محققان قرار گرفته است (Carlsson *et al.*, 2021). میکروپلاستیک‌ها وقتی در اکوسیستم رها می‌شوند، تهدیدی بالقوه برای سلامت انسان و محیط‌زیست هستند.

رسوبات از نظر زیست‌محیطی جزو اصلی و جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های آب در نظر گرفته شده و به عنوان مکانی برای رسوخ طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها (میکروپلاستیک)، شناخته می‌شوند (Padedda *et al.*, 2017). با توجه به این‌که مطالعات اندکی در زمینه میکروپلاستیک در رسوبات آبهای شیرین استان گلستان انجام شده است، رودخانه خرمارود به عنوان یک مطالعه پایه‌ای از حضور میکروپلاستیک‌های مختلف، ارزیابی شد. رودخانه خرمارود یکی از مهم‌ترین رودخانه‌ها در تأمین آب کشاورزی منطقه است. با توجه به این‌که توسعه شهرک صنعتی در بالادست، تخلیه فاضلاب روستایی و فعالیت‌های کشاورزی و ریختن زباله در کنار رودخانه، از دلایل آلودگی میکروپلاستیک در منطقه مورد مطالعه هستند. بنابراین، کاهش حجم رودخانه در طول مسیر به دلیل افزایش آب، از سویی و تخلیه پساب شهری، صنعتی و کشاورزی، از سوی دیگر، کیفیت رودخانه را در معرض خطر قرار داده است. بنابراین، این مطالعه به منظور بررسی آلودگی میکروپلاستیک رودخانه خرمارود انجام شد.

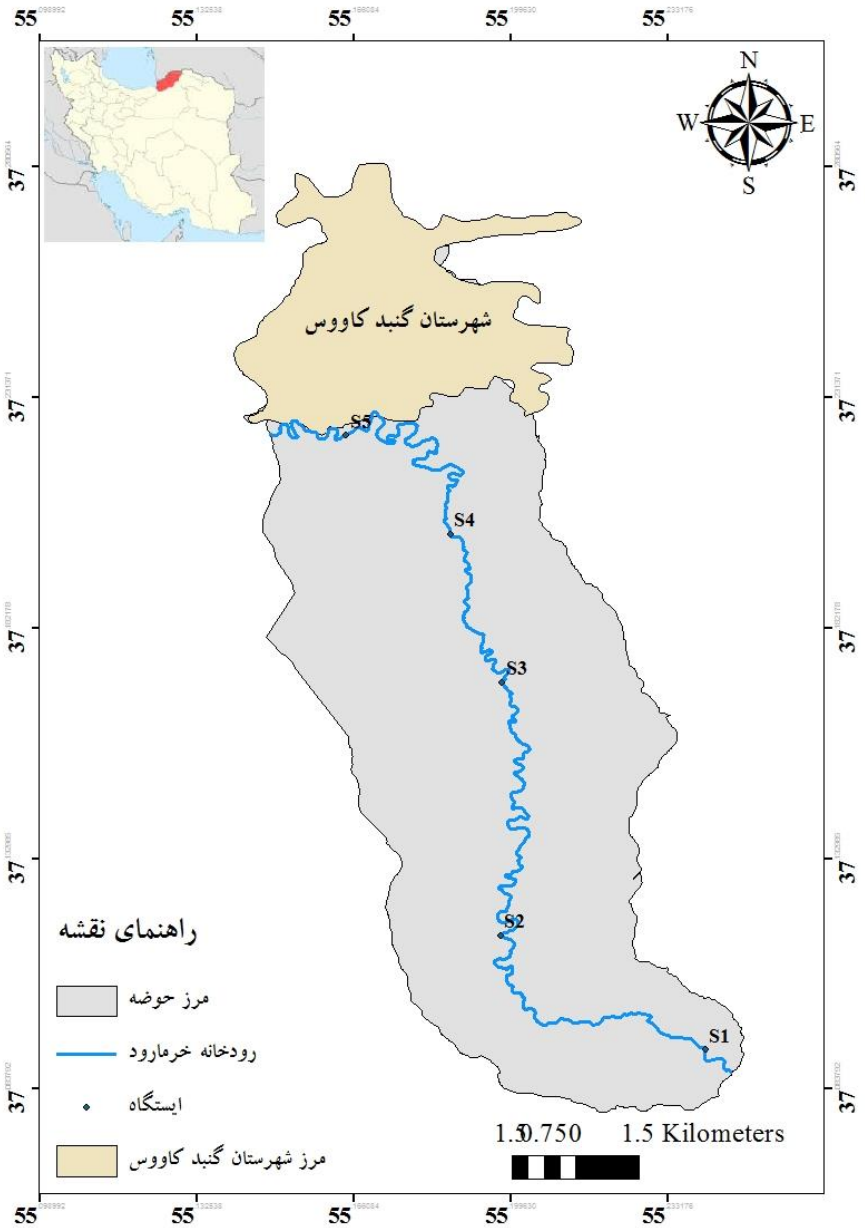
مواد و روش کار

منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

رودخانه خرمارود (`۱۵ و °۵۵ تا `۴۰ و °۵۵ طول شرقی و `۵۰ و °۳۶ تا `۵ و °۳۷ عرض شمالی) در حاشیه محور جاده آزادشهر- شاهرود و منطقه جنوب شرقی شهرستان آزادشهر با اختلاف ارتفاع ۹۸۸ متر از سطح دریا و گذر از روستاهای تیل آباد، غزنوی، فارسیان، رحیم آباد، حاجی آباد و زمستان یورد واقع شده استکه با حرکت به سوی گرگان رود به حوزه آبریز جنوب شرقی دریای خزر منتهی می‌گردد (شکل ۱). رودخانه خرمارود در محدوده شهر گنبد کاووس به رودخانه چهل چای می‌پیوندد. به طور کلی، محدوده‌ای که این رودخانه از آن عبور می‌کند، دارای آب‌وهوایی نزدیک به اقلیم مدیترانه‌ای با تابستان نسبتاً خشک و گرم بوده و کشت غالب منطقه گندم، برنج و کلزاست (Gholizadeh and Porhamidi, 2020, Foomani *et al.*, 2020). این مطالعه در بهار سال ۱۴۰۱ انجام شد. نمونه‌برداری در فصل تابستان به علت فعالیت کشاورزی که موجب کاهش دبی و در برخی نقاط آب راکد بود، انجام نگرفت. پس از بازدید میدانی، با توجه به موقعیت کاربری متفاوت (از جمله کشاورزی، روستا و نزدیکی به جاده) و امکان نمونه‌برداری از

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

رسوب رودخانه (Gholizadeh *et al.*, 2017; Lakzaie *et al.*, 2018; Gholizadeh, 2021)، تعداد ۵ ایستگاه (با تاکید بر کاربری اراضی) نمونه‌برداری در طول رودخانه تعیین شد که موقعیت جغرافیایی این نقاط در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه ۵ ایستگاه به صورت سیستماتیک (از عرض‌های کناری) از رودخانه انتخاب شد (ایستگاه اول بعد از پل پادگان نوده و نزدیک به جاده با فعالیت کشاورزی در محدوده آن، ایستگاه دوم بعد از شهرک صنعتی آزادشهر و نزدیک به جاده با فعالیت کشاورزی در اطراف آن، ایستگاه‌های ۳ و ۴ با کاربری غالب کشاورزی و نزدیک به روستا و ایستگاه ۵ قبل از تلاقی رودخانه خرمارود با رودخانه چهل چای) (جدول ۱).



شکل ۱: منطقه مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه خرمارود، گلستان

Figure 1: Study area and location of sampling stations in Khormarud River, Golestan

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و برخی از خصوصیات محیطی آن در رودخانه خرمارود

Table 1: Location of sampling stations and some of its environmental characteristics in Khormarud River

Station	N	E	Organic matter(٪)	Sand(٪)	Silt(٪)	Clay(٪)
S1 (Forest-Agriculture)	″31′05°37	″28′14°55	1.90	65.30	19.30	15.40
S2 (Close to the road, agriculture and after Azadshahr industrial town)	″53′06°37	″00′12°55	2.33	40.20	33.80	26
S3 (Rural-Agriculture)	″48′09°37	″01′12°55	2.14	40	31	29
S4 (Agriculture)	″06′12°37	″12′11°55	4.20	13	29	58
S5 (Before connecting to Chel-Chai River)	″43′12°37	″09′11°55	5.91	5.50	24.50	70

جهت نمونه‌برداری از نمونه‌بردار رسوب مدل VanVeen با سطح مقطع ۲۲۵ سانتی‌متر مربع استفاده شد. در هر ایستگاه نمونه‌برداری از سه نقطه رودخانه از کناره‌های رودخانه (به عنوان تکرار) نمونه‌ها جمع‌آوری گردید. از هر نمونه، زیر نمونه‌ای ۵۰ گرمی در فویل آلومینیوم پیچیده شد. برای مطالعه تعیین دانه‌بندی و بار مواد آلی، رسوبات جمع‌آوری شده به آزمایشگاه بوم‌شناختی دانشگاه گنبد کاووس منتقل شدند.

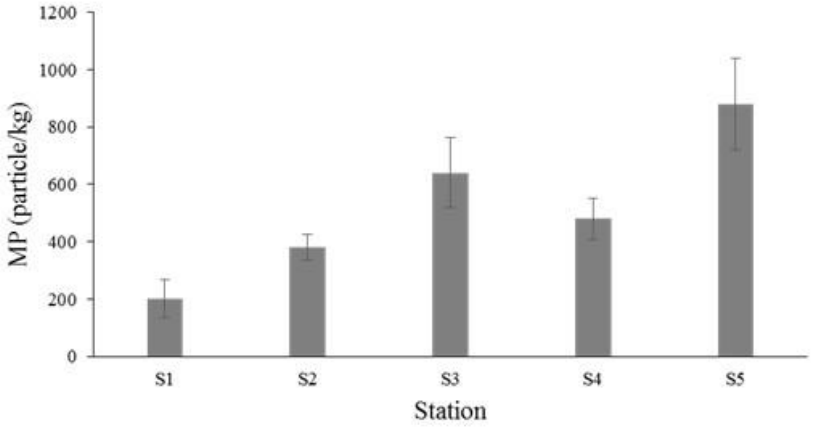
برای تعیین دانه‌بندی رسوبات، ابتدا مقداری از رسوبات را جدا و شاخ و برگ و مواد اضافی را از آن خارج گردید. سپس ۲۵ گرم از رسوبات وزن شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. بعد از این مرحله رسوبات را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی‌لیتر هگزامتا فسفات سدیم با غلظت یک گرم در لیتر به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شده و به صورت مرتب مخلوط شدند. پس از مخلوط کردن رسوبات با محلول، از الک‌های با چشمه ۱۰۰۰، ۴۲۵، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۳ میکرون عبور داده شدند و رسوبات باقیمانده هر الک در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک گردید (Eleftheriou and McIntyre, 2005). برای جداسازی راحت‌تر ذرات، نمونه‌ها پس از خشک شدن با استفاده از الک با چشمه بزرگ‌تر از ۵ میلی‌متر غربال شدند. در مطالعه حاضر، برای جداسازی میکروپلاستیک‌ها، از محلول کلرید سدیم ۱/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شد. ۱۰۰ گرم از رسوبات هر ایستگاه با استفاده از یک قاشق استیل ضدزنگ به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم، وزن و داخل بشر یک لیتری ریخته شد. قبل از افزودن محلول چگال، مواد آلی رسوب با استفاده از هیدروژن پروکسید حذف می‌شود تا جداسازی ذرات میکروپلاستیک بهتر انجام گیرد. سپس ۸۰۰ میلی‌لیتر محلول اشباع‌شده کلرید سدیم افزوده و جهت شناورسازی میکروپلاستیک‌ها به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه با استفاده از قاشق استیل کاملاً هم زده شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه که رسوبات، ته‌نشین شدند و شناورسازی انجام شد، مایع رویی آن با استفاده از قیف شیشه‌ای روی کاغذ صافی نیترو سلولزی ۵ میکرومتری فیلتر شدند (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). مراحل مذکور برای هر نمونه ۳ بار تکرار شد تا همه ذرات از رسوبات جدا شوند. برای هر ایستگاه سه نمونه ۱۰۰ گرمی مطابق با این روش شناورسازی و جداسازی شدند. در مرحله بعد کاغذ صافی در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها کاملاً خشک شوند. در نهایت همه ذرات با استفاده از یک دستگاه استریومیکروسکوپ (Ningbo Yongxin Optics Co., Ltd. (NOVEL), China) با بزرگنمایی ۴۰ بررسی و ذرات میکروپلاستیک با استفاده از یک پنس ریز از سایر اجزاء جدا شده و با استفاده از دوربین دیجیتال متصل به استریومیکروسکوپ عکس‌برداری شدند. تعیین شکل و رنگ به کمک استریومیکروسکوپ Olympus و تعیین اندازه با استفاده از عکس‌های تهیه‌شده از نمونه‌ها با نرم‌افزار (ImageJ Java) انجام شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

شناسایی پلیمری میکروپلاستیک‌ها به‌وسیله دستگاه طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FTIR) مجهز به ATR، مدل نیکولت نکسوز ۴۷۰ ساخت شرکت ترمو نیکولت آمریکا، متصل به نرم‌افزار OMNIC، با سطح آنالیزور کریستال ZnSe، انجام شد. طیف جذب FTIR در حدود ۶۴ اسکن و در محدوده مادون‌قرمز ۱۴۰۰۰ بر سانتی‌متر و وضوح ۴ بر سانتی‌متر با استفاده از بروکر ورتکس ۷۰اسپکترومتر انجام گردید (Bruker, Billirica, MA, USA). نوع پلیمر بر اساس فرکانس جذب برای انواع پیوند شیمیایی خاص موجود در نمونه‌های پلیمری مشخص می‌شود.

نتایج

میکروپلاستیک‌هایی با محدوده اندازه ۲۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر در تمامی نمونه‌های رسوب سطحی مشاهده شدند. میانگین تعداد آنها ۱۲/۹۳±۲۵/۸۰ ذره در هر ۱۰۰ گرم رسوب خشک (۱۷/۴۳±۹۲/۸۰ ذره در یک کیلوگرم رسوب خشک) محاسبه شد. ایستگاه ۵ (پایین‌دست، جایی‌که رودخانه خرمارود به رودخانه چل چای می‌رسد) با میانگین تعداد ۸۸۰±۱۶۰ ذره و ایستگاه ۱ (بالادست رودخانه) با میانگین تعداد ۶۶ ±۲۰۰ ذره در یک کیلوگرم رسوب خشک به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد میکروپلاستیک بودند (شکل ۲).

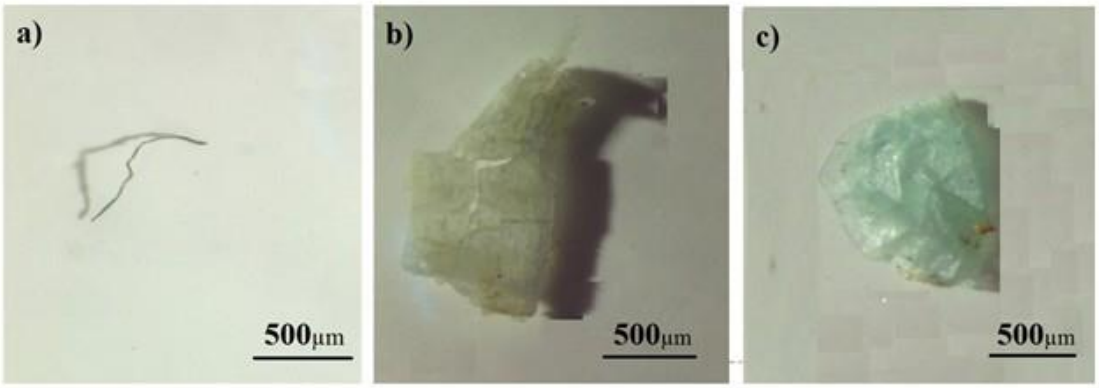


شکل ۲: میانگین فراوانی میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه خرمارود
Figure 2: The average frequency of microplastics in the sampling stations of Khormarud River

در شکل ۳ نمونه‌ای از انواع مختلف میکروپلاستیک مشاهده شده به‌وسیله استریومیکروسکوپ نشان داده شده است. میکروپلاستیک‌های جمع‌آوری‌شده از ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه خرمارود ازنظر شکل به ۳ گروه، اندازه به ۵ گروه و رنگ به ۶ گروه طبقه‌بندی شدند. بیشترین فراوانی را میکروپلاستیک‌های رشته‌ای (۷۷/۵۲ درصد) و کمترین فراوانی به فیلم‌ها (۳/۱۰ درصد) تعلق داشتند. زیرا فیبرها و پس از آن قطعات به‌ترتیب در تمام ایستگاه‌ها شناسایی شدند درحالی‌که فیلم‌ها در تعداد محدودی از ایستگاه‌ها مشاهده شد.

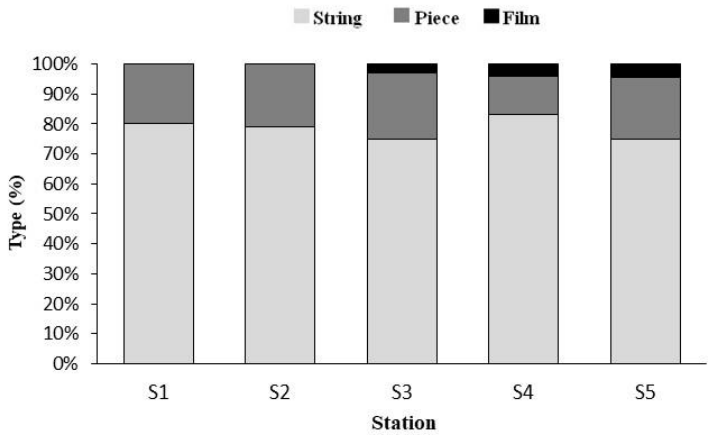
همچنین ذرات از نظر اندازه به ۵ گروه ۱۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰ و ۳۰۰۰-۵۰۰۰ میکرومتر تقسیم شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که گروه ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر با ۴۴/۱۹ درصد، بیشترین فراوانی بودند درحالی‌که گروه ۵۰۰۰-۳۰۰۰ با ۳/۸۸ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها به دلیل تأثیر بالقوه آنها بر موجودات آبزی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از نظر رنگ، رنگ سیاه با ۵۵/۸۱ درصد، بیشترین و رنگ آبی با ۲/۳۳ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. در شکل ۴، درصد اشکال مختلف میکروپلاستیک، در شکل ۵ درصد فراوانی اندازه استخراج‌شده از رسوبات، در شکل ۶ مقایسه میکروپلاستیک‌ها بر اساس رنگ و در شکل ۷ نیز درصد رشد فراوانی پلیمرهای شناسایی‌شده از نمونه‌های رسوبات، نشان داده شده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]



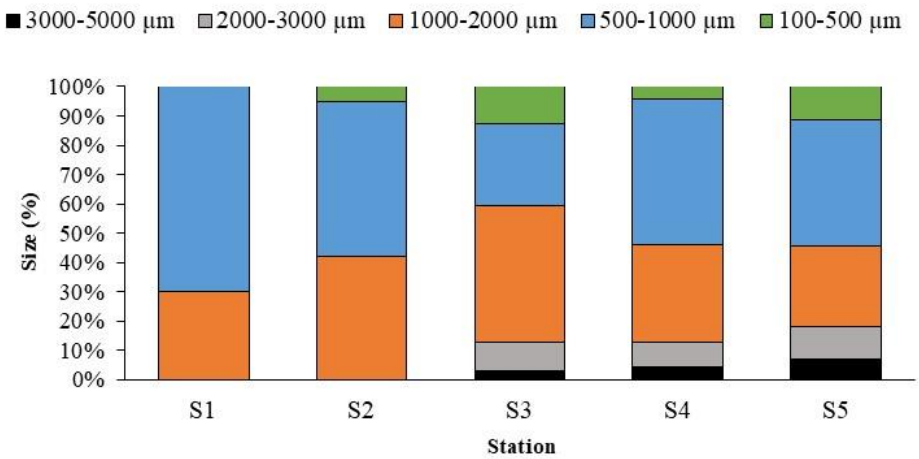
شکل ۳: میکروگراف‌های میکروپلاستیک‌های معمولی. (a) فیبر، (b) قطعات و (c) فیلم

Figure 3: Micrographs of common microplastics. (a) fibers, (b) fragments and (c) films.



شکل ۴: درصد اشکال مختلف میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در نمونه‌های رسوب رودخانه خرمارود

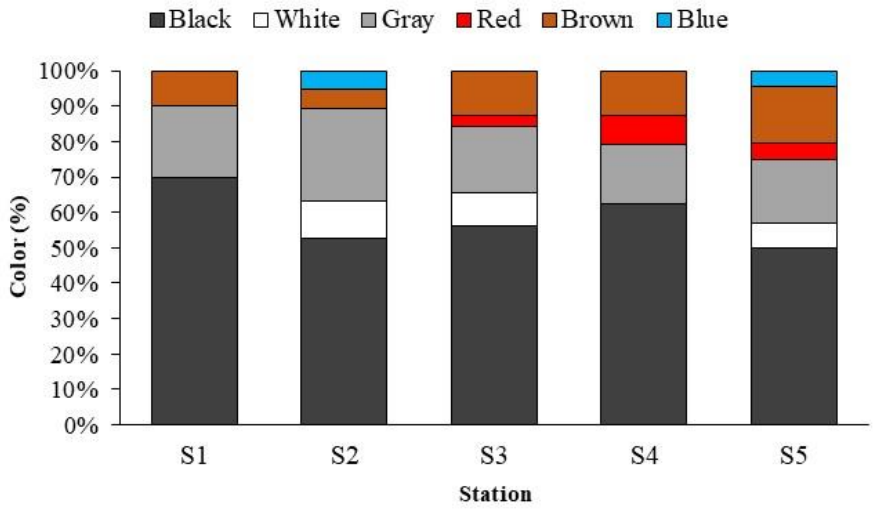
Figure 4: The percentage of different forms in microplastics observed in sediment samples from Khormarud River



شکل ۵: مقایسه اندازه میکروپلاستیک‌های استخراجی در نمونه‌های رسوب از رودخانه خرمارود

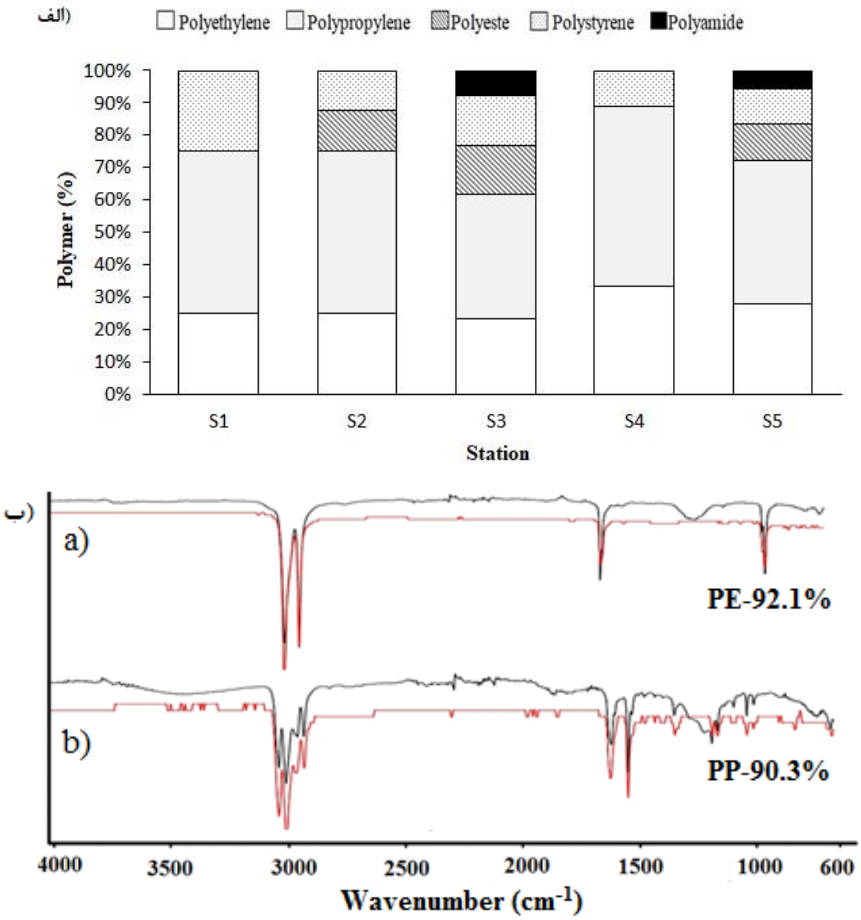
Figure 5: Comparison of the size of microplastics extracted in sediment samples from Khormarud River

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]



شکل ۶: درصد فراوانی رنگ میکروپلاستیک‌های استخراجی در نمونه‌های رسوب از رودخانه خرمارود

Figure 6: Percentage abundance of color-microplastics extracted in sediment samples from Khormarud River



شکل ۷: الف- درصد فراوانی پلیمرهای شناسایی‌شده از نمونه‌های رسوبات، ب- طیف FTIR و مطابقت درجات گزینه‌های انتخابی

Figure 7: A: Percentage of abundance of polymers identified from sediment samples. B: FTIR spectrum and the degree of conformity of the selected items

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

ترکیب پلیمری میکروپلاستیک‌ها: پلی‌پروپیلن (PP)[1]، ۴۱ درصد، پلی‌اتیلن (PE)[2]، ۳۰ درصد، پلی‌استایرن (PS)[3]، ۱۶ درصد)، پلی‌استر (PS)[4]، ۱۱ درصد و پلی‌آمید (PA)[5]، ۲ درصد است که با استفاده از طیف‌سنجی ATR-FTIR شناسایی شدند. نتایج نشان دادند که ترکیبات پلیمری در رسوبات به‌وضوح تحت تاثیر پساب و فاضلاب‌ها (مانند شستن لباس) هستند.

بحث

میکروپلاستیک‌هایی با محدوده اندازه ۲۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر در تمامی نمونه‌های رسوب سطحی مشاهده شدند. ایستگاه ۵ در پایین‌دست رودخانه که دریافت کننده رواناب کشاورزی و روستایی بود، قرار گرفته است. اما علت آلودگی کمتر ایستگاه ۱ که در منطقه بالادست رودخانه واقع شده است، می‌تواند ناشی از تراکم کم جمعیت و کاربری بیشتر جنگلی اطراف آن باشد. سایر مطالعات در رودخانه‌ها و سواحل دریا نشان دادند که فراوانی بالا از آلودگی میکروپلاستیک‌ها در مناطقی با فعالیت‌های انسانی بالا یا پرجمعیت نمایان می‌شود (Napper *et al.*, 2016).

مطالعات زیادی در سرتاسر جهان نیز حضور و پراکنش میکروپلاستیک‌ها را در رسوبات رودخانه‌ها نشان داده‌اند. تمام رسوبات تجزیه‌وتحلیل شده حاوی ذرات میکروپلاستیک (<۵ میلی متر) و ذرات میکروپلاستیک تا ۴۰۰۰ ذره بر کیلوگرم در رسوبات ساحلی رودخانه‌های Rhine-Main در آلمان مشاهده شدند (Klein *et al.*, 2015). Peng و همکاران (۲۰۱۸) میزان فراوانی میکروپلاستیک‌های رسوبات رودخانه‌ی شانگهای چین را ۸۰۲ ذره در هر کیلوگرم وزن خشک گزارش داده‌اند. He و همکاران (۲۰۲۰) ارتباط بین فراوانی میکروپلاستیک‌ها با سرعت جریان آب را در رودخانه بریزین استرالیا مطالعه کردند. نتایج آنها فراوانی میکروپلاستیک‌ها را ۵۲۰-۱۰ ذره در هر کیلوگرم رسوب نشان داد. Masoudi و همکاران (۲۰۲۲) ارتباط بین فراوانی میکروپلاستیک‌ها با کاربری اراضی اطراف رودخانه قره‌سو، استان گلستان مطالعه کردند. نتایج آنها فراوانی کم میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه جنگلی نسبت به ایستگاه‌های مسکونی و کشاورزی در هر کیلوگرم رسوب نشان داد. تنوع گسترده در فراوانی میکروپلاستیک‌های رسوبی بین مطالعات مختلف ممکن است به دلیل اعماق نمونه‌برداری، مکان‌های نمونه‌برداری، تعداد تکرار استخراج و زمان ته‌نشینی باشد (Besley *et al.*, 2017).

فیبرها و پس از آن قطعات به‌ترتیب در تمام ایستگاه‌ها شناسایی شدند درحالی‌که فیلم‌ها در تعداد محدودی از ایستگاه‌ها مشاهده شد. احتمال می‌رود که رهاسازی فاضلاب روستاهای متعددی که قبل از این ایستگاه‌ها واقع شده‌اند، منجر به فراوانی بالای حضور میکروپلاستیک‌های رشته‌ای در این منطقه شده باشد. ریختن زباله‌هایی مانند بطری‌های نوشابه، آب و کیسه‌های پلاستیکی به آب و سواحل رودخانه خرمارود می‌تواند منشأ میکروپلاستیک‌های ثانویه‌ای از جمله قطعات باشد. همچنین تردد وسایل نقلیه در جاده اصلی نزدیک به رودخانه، احتمال انتقال ذرات لاستیکی کوچک و پلاستیک ناشی از ساییدگی لاستیک خودروها به‌وسله هوا و رواناب به درون رودخانه را ممکن می‌سازد. مطالعه انجام‌شده بر پراکندگی میکروپلاستیک‌ها در بدنه‌های آبی مختلف در چین، نشان داد که میکروپلاستیک‌های رشته‌ای با حداکثر فراوانی ۸۸٪ شکل غالب میکروپلاستیک‌های یافت شده را تشکیل داده است (Luo *et al.*, 2019) که بامطالعه حاضر همخوانی دارد.

همچنین، ذرات از نظر اندازه به ۵ گروه ۱۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰ و ۳۰۰۰-۵۰۰۰ میکرومتر تقسیم شدند (Bagheri *et al.*, 2020; Esmaeilbeigi *et al.*, 2023). نتایج این پژوهش نشان داد که گروه ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر با ۴۴/۱۹ درصد، بیشترین فراوانی درحالی‌که گروه ۵۰۰۰-۳۰۰۰ با ۳/۸۸ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها به دلیل تأثیر بالقوه آنها بر موجودات آبزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. میکروپلاستیک‌های کوچک، جدی‌ترین تهدیدات بالقوه را برای موجودات آبزی و اکوسیستم ایجاد می‌کنند، چون میکروپلاستیک‌های با اندازه کوچک می‌توانند

[1] Polypropylene (PP)
[2] Polyethylene (PE)
[3] Polystyrene (PS)
[4] Polyester (PS)
[5] Polyamide (PA)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

به‌وسیله طیف وسیعی از موجودات تغذیه شوند (Gholizadeh *et al.*, 2024).

در بررسی Mehdinia و همکاران (۲۰۲۰) گروه ۵۰۰-۲۵۰ میکرومتری دارای بیشترین فراوانی در رسوبات سواحل دریای خزر بودند. همچنین در مطالعه Mataji و همکاران (۲۰۲۰) بیشتر میکروپلاستیک‌های یافت شده در رسوبات ساحل مازندران در محدوده ۴/۷۵-۱ میلی‌متر قرار داشتند. در مطالعه دیگر برای نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در سواحل بلژیک اندازه‌ای حدود ۳۸-۱ میلی‌متر گزارش شد (Claessens *et al.*, 2011). سرنوشت و رفتار میکروپلاستیک‌ها به‌اندازه آنها بستگی دارد. برای مقال، سرعت غرق شدن و حرکت آنها تحت تأثیر اندازه است (Kowalski *et al.*, 2016). از نظر رنگ، رنگ سیاه با ۵۵/۸۱ درصد، بیشترین و رنگ آبی با ۲/۳۳ درصد دارای کمترین فراوانی بودند. از رنگ میکروپلاستیک‌ها برای شناسایی اولیه ترکیب شیمیایی آنها استفاده می‌شود (Paco *et al.*, 2017). در شکل ۴، درصد اشکال مختلف میکروپلاستیک، در شکل ۵ درصد، فراوانی اندازه استخراجی از رسوبات و در شکل ۶ نیز مقایسه میکروپلاستیک‌ها بر اساس رنگ نشان داده شده است. از آن‌جایی‌که موجودات آبزی به‌راحتی ذرات میکروپلاستیک رنگی را به عنوان غذا اشتباه مصرف می‌کنند (Avio *et al.*, 2015)، رنگ میکروپلاستیک در محیط‌های آبی می‌تواند به عنوان یک عامل نگران‌کننده تلقی شود. میکروپلاستیک‌های رنگی در پرندگان، لاک‌پشت‌ها و ماهیان به‌وفور شناسایی شده‌اند (Gholizadeh *et al.*, 2023). علاوه‌براین، انتظار می‌رود که رنگ میکروپلاستیک‌ها اطلاعاتی در مورد منابع اصلی آنها ارائه دهد. برای مثال، قطعات پلاستیکی رنگ‌شده می‌تواند از مواد بسته‌بندی و گلوله‌های رنگی محصولات آرایشی و بهداشتی منشأ بگیرند (Fendall and Sewell, 2009). ترکیب پلیمری میکروپلاستیک‌ها شامل پلی‌پروپیلن (PP، ۴۱ درصد)، پلی‌اتیلن (PE، ۳۰ درصد) پلی‌استایرن (PS، ۱۶ درصد) پلی‌استر (PS، ۱۱ درصد) و پلی‌آمید (PA، ۲ درصد) است. در مطالعه Browne و همکاران (۲۰۱۱) ترکیبات پلیمری در رسوبات به‌وضوح از پساب و فاضلاب‌ها (مانند شستن لباس) نشات می‌گیرند.

پلی پروپیلن و پلی اتیلن برای ساخت طناب‌ها و تورهای ماهیگیری استفاده می‌شود (Claessens *et al.*, 2011). علاوه‌براین، الیاف پلی‌پروپیلن به طور گسترده برای تولید فرش، قالی و لباس ورزشی استفاده می‌شود. همچنین از پلی پروپیلن می‌توان برای ساخت مالچ کشاورزی، تورهای ماهیگیری و کیسه‌های بسته‌بندی استفاده کرد. پلی‌آمید با توجه به استحکام و سختی بالا برای تولید وسایلی مانند طناب، نخ و تور ماهیگیری، تولید الیاف مصنوعی (انواع البسه، جوراب و الیاف فرش)، استفاده می‌شود.

این مطالعه با هدف بررسی و تأیید الگوهای توزیع و فراوانی میکروپلاستیک در رسوبات رودخانه خرمارود انجام شد. نتایج این تحقیق حضور ذرات میکروپلاستیک را در رسوبات رودخانه خرمارود نشان داده است و این فرضیه را تایید می‌کند که رسوبات رودخانه به عنوان یک مخزن برای تجمع پلاستیک عمل می‌کنند. در مجموع، کاربری شهری و کشاورزی دارای بیشترین تاثیر در توزیع و پراکنش میکروپلاستیک‌هاست. طبق یافته‌های این مطالعه فیبر، رنگ سیاه و اندازه ذرات ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرومتر، غالب بودند. بنابراین، شناسایی منابع احتمالی ورود میکروپلاستیک‌ها به عنوان یکی از عوامل آلودگی اکوسیستم‌های آبی و خشکی و تهدید نوظهور برای سلامت انسان، ضروری است. این مطالعه داده‌های قابل اعتمادی را در مورد وجود، شکل و اندازه میکروپلاستیک‌ها در رودخانه خرمارود مورد بررسی قرار داد که نقش فاضلاب روستایی و فعالیت‌های کشاورزی را به عنوان منابع مهم میکروپلاستیک در محیط زیست تایید می‌کند. بیشترین میزان آلودگی میکروپلاستیک در این مطالعه مربوط به ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه به‌ویژه ایستگاه ۵ بوده که دارای سهم بیشتری از فعالیت‌های انسانی است. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی از جمله، توسعه شهرک صنعتی در بالادست، ورود فاضلاب روستایی به رودخانه و فعالیت‌های کشاورزی و ریختن زباله در کنار رودخانه، ممکن است نقش مهمی در آلودگی میکروپلاستیک در منطقه مورد مطالعه داشته باشد. بنابراین، تدوین برنامه پایش، برای بررسی دوره‌ای میزان ذرات میکروپلاستیک در آب و رسوب رودخانه خرمارود، کمک

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

شایانی در راستای اقدامات مدیریتی برای کنترل وضعیت موجود خواهد نمود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از همکاری سرکار خانم زهرا کوهستانی و آیلین خوجه، جهت همکاری در نمونه‌برداری، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

Avio, C.G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L. and Regoli, F., 2015. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*, 198:211-222. DOI:10.1016/j.envpol.2014.12.021.

Bagheri, T., Gholizadeh, M., Abarghouei, S., Zakeri, M., Hedayati, A., Rabaniha, M., Aghaeimoghadam, A. and Hafezieh, M., 2020. Microplastics distribution, abundance and composition in sediment, fishes and benthic organisms of the Gorgan Bay, Caspian sea. *Chemosphere*, 257:127201. DOI:0.1016/j.chemosphere.2020.127201.

Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. and Bosker, T., 2017. A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1):7-83. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.08.055.

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21):9175-9179. DOI:10.1021/es201811s.

Carlsson, P., Singdahl-Larsen, C. and Lusher, A.L., 2021. Understanding the occurrence and fate of microplastics in coastal Arctic ecosystems: The case of surface waters, sediments and walrus (*Odobenus rosmarus*). *Science of The Total Environment*, 792:148308. DOI:10.1016/j.scitotenv.2021.148308.

Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. and Janssen, C.R., 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10):2199-2204. DOI:10.1016/j.marpolbul.2011.06.030.

Dey, T.K., Uddin, M.E. and Jamal, M., 2021. Detection and removal of microplastics in wastewater: evolution and impact. *Environmental Science and Pollution Research*, 28:16925-16947. DOI:10.1007/s11356-021-12943-5.

Eleftheriou, A., and McIntyre, A.D., 2005. Methods for study of Marine Benthos. 3rd eds. Blackwell, Oxford. 440 P. DOI:10.1002/9781118542392.

Esmaeilbeigi, M., Kazemi, A., Gholizadeh, M. and Rezaeiyeh, R.D., 2023. Microplastics and heavy metals contamination in *Atropus atropos* and associated health risk assessment in the northwest of the Persian Gulf, Iran. *Regional Studies in Marine Science*, 57:102750. DOI:10.1016/j.rsma.2022.102750.

Fendall, L.S. and Sewell, M.A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8):1225-1228. DOI:10.1016/j.marpolbul.2009.04.025.

Foomani, A., Gholizadeh, M., Harsij, M. and Salavatian, M., 2020. River health assessment using macroinvertebrates and water quality parameters: A case of the Shanbeh-Bazar River, Anzali Wetland, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

19(5):2274-2292. DOI:10.22092/IJFS.2020.122380.

Gholizadeh, M., Toomaj, A. and Hossiendost, S., 2017. Modeling habitat requirements of riverine stone loach, *Paracobitis hircanica* (Teleostei: Nemacheilidae) in the Zarin Gol River, Caspian Sea basin, Iran. *Iranian Journal of Ichthyology*, 4(4):340-351. DOI:10.22034/iji.v4i4.235.

Gholizadeh, M. and Porhamidi, F., 2020. Health assessment of water quality of Madarsoo River (Golestan province) using multimetric biological index. *Journal of Environmental Studies*, 46(2):375-390. DOI:10.22059/JES.2021.300388.1007997.

Gholizadeh, M., 2021. Effects of floods on macroinvertebrate communities in the Zarin Gol River of northern Iran: implications for water quality monitoring and biological assessment. *Ecological Processes*, 10(1):1-11. DOI: 10.1186/s13717-021-00318-0.

Gholizadeh, M., Shadi, A., Abadi, A., Nemati, M., Senapathi, V. and Karthikeyan, S., 2023. Abundance and characteristics of microplastic in some commercial species from the Persian Gulf, Iran. *Journal of Environmental Management*, 344:118386. DOI:10.1016/j.jenvman.2023.118386.

Gholizadeh, M., Shadi, A., Abadi, A., Nemati, M., Senapathi, V., Karthikeyan, S. and Kulandaisamy, P., 2024. Exploring the microplastic pollution: Unveiling origins and varieties in coastal sediments and waters of the Bushehr Province, Persian Gulf, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 198:115939. DOI:10.1016/j.marpolbul.2023.115939.

He, B., Goonetilleke, A., Ayoko, G.A. and 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.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. and 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:10.1021/es2031505.

Klein, S., Worch, E. and Knepper, T.P., 2015. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science & Technology*, 49(10):6070-6076. DOI:10.1021/acs.est.5b00492.

Kowalski, N., Reichardt, A. M. and Waniek, J.J., 2016. Sinking rates of microplastics and potential implications of their alteration by physical, biological, and chemical factors. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1):310-319. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.05.064.

Lakzaie, F., Panahy Mirzahasanlou, J., Gholizadeh, M. and Daneshvar, A., 2018. Ecological study of the diatoms in Chehel Chay River in Golestan province. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 7(3):41-51. DOI:10.22069/JAPU.2019.14929.1432

Lam, T.W.L., Fok, L., Ma, A.T.H., Li, H.X., Xu, X.R., Cheung, L.T.O. and Wong, M.H., 2022. Microplastic contamination in marine-cultured fish from the Pearl River Estuary, South China. *Science of the Total Environment*, 827:154281. DOI:10.1016/j.scitotenv.2022.154281.

Luo, W., Su, L., Craig, N.J., Du, F., Wu, C. and Shi, H., 2019. Comparison of microplastic pollution in different water bodies from urban creeks to coastal waters. *Environmental Pollution*, 246:174-182. DOI:10.1016/j.envpol.2018.11.081.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

Masoudi, E., Hedayati, A., Bagheri, T., Salati, A., Safari, R., Gholizadeh, M. and Zakeri, M., 2022. Different land uses influenced on characteristics and distribution of microplastics in Qarasu Basin Rivers, Gorgan Bay, Caspian Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(42):64031-64039. DOI:10.1007/s11356-022-20342-7.

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*, 78:86-93. DOI:10.1007/s00244-019-00700-2.

Mehdinia, A., Dehbandi, R., Hamzehpour, A. and Rahnama, R., 2020. Identification of microplastics in the sediments of southern coasts of the Caspian Sea, north of Iran. *Environmental Pollution*, 258:113738. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113738.

Naji, A., Nuri, M., Amiri, P. and Niyogi, S., 2019. Small microplastic particles (S-MPPs) in sediments of mangrove ecosystem on the northern coast of the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 305-311. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.06.033.

Napper, I.E. and Thompson, R.C., 2016. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1-2):39-45. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.09.025.

Paço, A., Duarte, K., da Costa, J. P., Santos, P. S., Pereira, R., Pereira, M. E., Freitas, A., Duarte, A. and Rocha-Santos, T. A., 2017. Biodegradation of polyethylene microplastics by the marine fungus *Zalerion maritimum*. *Science of the Total Environment*, 586:10-15. DOI:10.1016/j.scitotenv.2017.02.017.

Padedda, B.M., Sechi, N., Lai, G.G., Mariani, M.A., Pulina, S., Sarria, M., Satta, C.T., Virdis, T., Buscarinu, P. and Luglie, A., 2017. Consequences of eutrophication in the management of water resources in Mediterranean reservoirs: A case study of Lake Cedrino (Sardinia, Italy). *Global Ecology and Conservation*, 12:21-35. DOI:10.1016/j.gecco.2017.08.004.

Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M. and Li, D., 2018. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities. *Environmental Pollution*, 234:448-456. DOI:10.1016/j.envpol.2017.11.034.

Yogalakshmi, K.N. and Singh, S., 2020. Plastic waste: Environmental hazards, its biodegradation, and challenges. Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety: Volume I: Industrial Waste and Its Management, pp. 99-133. DOI:10.1007/978-981-13-1891-7.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]

Abundance and spatial distribution of microplastics particles in sediments of Khormarud River, Golestan Province

Gholizadeh M.[1*]; Saberi F.[1]; Hatami D.[1]

*gholizade_mohammad@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Abstract

Rivers efficiently transfer microplastics into seas, meanwhile they can be temporarily stored in sediments, where they undergo further fragmentation due to biological and physical processes. This study was conducted with the aim of investigating the distribution and abundance of microplastics (MPs) in the surface sediments of Khormarud River, Golestan province, Iran. A total of 15 sediment samples (5 stations with 3 replicates) were taken in the spring of 2022 and the identification of MP was studied using a stereomicroscope. Their polymer compositions were characterized using weak total reflectance Fourier transform infrared spectrometer. The results showed that station 5, with high human activities, had the highest frequency of MPs with 880±160 particle/kg of dry sediments, and station 1, upstream of the river, had the lowest frequency with 200±66 particle/kg. The average of MPs observed in all studied stations was 430.17 ± 92.8 particles. The most abundant MPs were fiber (77.52%) and the least abundant were films (3.10%). The results showed that the 500-1000 µm group had the highest frequency with 44.19%, while the 3000-5000 µm group had the lowest frequency with 3.88%. Black color was the most frequent with 55.81% and blue color was the least frequent with 2.33%. The polymer composition of MPs includes polypropylene (PP, 41%), polyethylene (PE, 30%), polystyrene (PS, 16%), polyester (PS, 11%), and polyamide (PA, 2%). The results of this study showed that MPs in coastal sediments have a complex source that is mostly derived from tourism, sewage, and packaging.

Keywords: Microplastic, Sediment, Khormarud River, ATR-FTIR

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-16]