

حضور و توزیع میکروپلاستیک در منطقه هایپرک رودخانه زیارت در استان گلستان

نسیم شعبانی^۱، مهدی مفتاح‌هلقی^{۲*}، امیراحمد دهقانی^۳، حسن رضایی^۴ و محمد عبدالحسینی^۵

- (۱) دانشجوی دکتری رشته مهندسی آب و سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- (۲) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: meftah@gau.ac.ir
- (۳) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- (۴) دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- (۵) استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

چکیده

منطقه هایپرک، یک محفظه بوم‌شناختی مهم و حساس در بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای است و به‌عنوان منطقه مشترک زیربستر رودخانه است که به همان اندازه تحت تاثیر جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی قرار دارد. میکروپلاستیک‌های واقع در منطقه هایپرک باید با ماندگاری طولانی‌تری مواجه شوند و در نتیجه زمان قرار گرفتن در معرض ارگانیسم‌های کفزی را افزایش دهند. این مطالعه به بررسی توزیع و خصوصیات میکروپلاستیک در رسوب منطقه هایپرک رودخانه زیارت پرداخته است. برای دستیابی به این هدف، نمونه‌برداری از منطقه هایپرک در سه ساختار مختلف مورفولوژیک در فصل زمستان انجام و رسوبات این منطقه جهت تحلیل شکل، رنگ و اندازه میکروپلاستیک به آزمایشگاه منتقل شد. با توجه به مشخصات مورفولوژیکی، اشکال میکروپلاستیک به فیبر، گلوله، فوم و قطعه تقسیم شدند. رنگ ذرات میکروپلاستیک با توجه به رنگ سطح آنها ثبت شد. اندازه ریزذرات در طولانی‌ترین بعد تصویر اندازه‌گیری شد و به کمتر از ۰/۵، ۰/۵-۱، ۱-۳، ۳-۵ میلی‌متر تقسیم شد. تجزیه و تحلیل میکروپلاستیک در سه ساختار مورفولوژیکی شامل جزیره، کنده و پله-حوضچه استخراج‌شده برای رودخانه زیارت نشان داد که میکروپلاستیک‌ها تا عمق ۰/۶ متری زیر بستر رودخانه قابل شناسایی است. بیشترین فراوانی میکروپلاستیک برای ذرات با مقیاس (>1000 میکرومتر) اندازه‌گیری شد. فراوانی میکروپلاستیک‌های فیبر و قطعه در سه ساختار مورفولوژیکی در اکثر لایه‌های رسوبی بالاترین میزان بود و پس از آن میکروپلاستیک‌های خطی قرار داشتند. رنگ‌های مشاهده شده میکروپلاستیک‌ها در رسوبات در این مطالعه عمدتاً شامل سیاه، قهوه‌ای، زرد، قرمز و نارنجی بود. در این میان رنگ مشکی رنگ غالب بود. این نتایج بینش‌هایی را در مورد درک سرنوشت میکروپلاستیک در یک منطقه رودخانه میکروپلاستیک‌ها ارائه کرد.

واژه‌های کلیدی: پله-حوضچه، جزیره، ساختارهای مورفولوژیک، کنده، منطقه هایپرک، میکروپلاستیک.

مقدمه

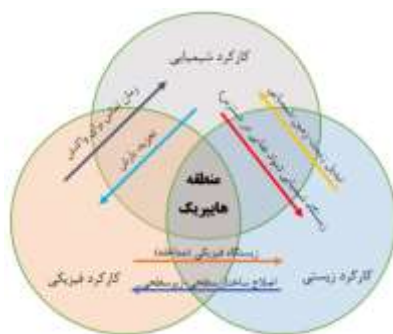
ذرات کوچک، جامد، نامحلول در آب و پایدار با اندازه کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر و همچنین در محدوده ذرات نانو (≥ 999 نانومتر) را میکروپلاستیک می‌نامند (Kershaw & Rochman, 2015; Arthur et al., 2009). میکروپلاستیک‌ها بر اساس منشا به دو دسته تقسیم می‌شوند: اولیه) شامل میکروپلاستیک‌های گرانوله با اندازه میکروسکوپی که برای

ذرات کوچک، جامد، نامحلول در آب و پایدار با اندازه کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر و همچنین در محدوده ذرات نانو (≥ 999 نانومتر) را میکروپلاستیک می‌نامند (Kershaw & Rochman, 2015; Arthur et al., 2009). میکروپلاستیک‌ها بر اساس منشا به دو دسته تقسیم می‌شوند: اولیه) شامل میکروپلاستیک‌های گرانوله با اندازه میکروسکوپی که برای

تولید ماکروپلاستیک استفاده می‌شوند و ثانویه) که از تجزیه ماکروپلاستیک‌ها ایجاد می‌گردند (Cole et al., 2011). تولید جهانی پلاستیک از پنج میلیون تن در سال در دهه ۱۹۵۰ به بیش از ۴۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۲ رسید (PlasticsEurope, 2023). به دلیل اهمیت روزافزون میکروپلاستیک در کارگاه اتحادیه جهانی تحقیقات آب در سال ۲۰۱۵، مطالعه بر روی میکروپلاستیک به عنوان یکی از اولویت‌های پژوهشی مهم مطرح شده است (علی محمدی و کریمیان، ۱۳۹۷). حضور میکروپلاستیک در پهنه‌های آبی به علت دوام و پایداری آن در محیط، فراگیر بودن و اینکه یک قابلیت بالقوه برای انتقال آلاینده‌های دیگر در چرخه زیستی محسوب می‌شوند، بسیار نگران‌کننده است (Neves et al., 2015). وجود میکروپلاستیک در بوم‌سازگان‌های متنوع دریایی تشخیص داده شده است که از آن جمله ساحل، ستون آب، رسوبات دریاهی عمیق، یخ‌های قطب شمال (Cole et al., 2011; Van Franekar et al., 2011; Van Cauwenbergh et al., 2013; Claessens et al., 2013; Obbard et al., 2014)، و اخیراً در آب‌های شیرین (Yang et al., 2024; Nam et al., 2023; Capozzi et al., 2018) و در مواد غذایی و نوشیدنی مصرفی انسان نیز تشخیص داده شده است (Ganie et al., 2024; Zeng et al., 2024).

رودخانه‌ها یکی از مسیرهای اصلی انتقال بقایای پلاستیک به دریاها است که منابع پلاستیک موجود در خشکی‌ها را به

دریاها متصل می‌نماید (Wagner et al., 2019). ورود و مشاهده میکروپلاستیک‌ها در منابع آب شرب از جمله رودخانه‌های سطحی، نگرانی‌های گسترده‌ای به همراه داشته است و از طرفی دانش و تجارب کافی برای حذف کامل یا کاهش مناسب میکروپلاستیک‌ها با استفاده از روش‌های تکنیکی و فرآیندی از منابع آب شرب وجود ندارد. از طرف دیگر، نتایج مطالعات نشان می‌دهد میزان تمرکز میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه‌های نزدیک به مناطق شهری و روستایی به دلیل ورود فاضلاب و رهاسازی انواع پسماندهای خانگی در آب بیشتر است (یگانه‌فر و همکاران، ۱۳۹۹). این مطالعات، اهمیت بررسی میکروپلاستیک را در منابع آبی رودخانه‌ای بیشتر نشان می‌دهد. منطقه هایپریک، یک منطقه حساس و از لحاظ بوم‌شناختی بسیار مهم در بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای است و به منطقه‌ای در زیر بستر رودخانه اطلاق می‌شود که به شکل پویایی تحت تاثیر جریان سطحی و زیرزمینی قرار دارد (Frei et al., 2019). Ward (۲۰۱۶) با استفاده از یک رویکرد فرآیند-محور، چهار معیار را برای تعریف منطقه هایپریک ارائه داده است (شکل ۱) که عبارتند از: ۱) این منطقه در بخش زیرسطحی قرار دارد؛ ۲) مسیر جریان از رودخانه شروع شده و به آن برمی‌گردد؛ ۳) تبدلات در مقیاس زمانی مرتبط با فرآیندهای بررسی شده رخ می‌دهد؛ و ۴) فرآیندها به صورت پیوسته در این منطقه اتفاق می‌افتد.



شکل ۱. ارتباطات متقابل فرآیندهای زیستی، فیزیکی و شیمیایی در منطقه هایپریک (Ward, 2016)

رودخانه‌ها به سطوح بالای زنجیره غذایی انتقال یابند (Frei et al., 2019). همچنین منطقه هایپریک به عنوان یک منطقه بالقوه ورود و ذخیره میکروپلاستیک به زنجیره غذایی رودخانه‌ای عمل کند.

میکروپلاستیک‌های موجود در منطقه هایپریک می‌تواند یک خطر بالقوه برای منابع آب آشامیدنی، به ویژه در هنگام تامین آب آشامیدنی از طریق تصفیه آب رودخانه باشد. اگرچه هنوز شواهد قوی برای این مساله وجود ندارد، اما ممکن است میکروپلاستیک‌ها از طریق موجودات کفزی موجود در بستر

اگرچه، مطالعات متعددی به بررسی وجود میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های دریایی پرداخته‌اند، اما پژوهش‌های مربوط به وجود این مواد در محیط‌های رودخانه‌ای بسیار محدود است.

Klein و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی میکروپلاستیک در منطقه ساحلی رودخانه راین به این نتیجه رسیدند که مقدار زیادی پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌استایرن وجود دارد که بیش از ۷۵ درصد انواع پلیمرهای شناسایی شده در رسوب را تشکیل می‌دهند. Frei و همکاران (۲۰۱۹) در آلمان وجود میکروپلاستیک‌ها را در منطقه هایپریک بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند این منطقه می‌تواند محل تجمع ذرات میکروپلاستیک ۲۰ تا ۵۰ میکرومتری باشد. Ballent و همکاران (۲۰۱۶) در کانادا با بررسی میکروپلاستیک و شناسایی مناطق بالقوه اقدام به طرح-ریزی یک برنامه پایش برای منطقه نمودند. Horton و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود در انگلستان متداول‌ترین پلیمرهای شناسایی شده را پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و پلی‌آریل سولفون شناسایی کردند. شسته شدن آلودگی میکروپلاستیک در هنگام طغیان حوضه آبریز در مطالعه Hurley و همکاران (۲۰۱۸) استخراج شد. Wang و همکاران (۲۰۱۷) در چین، تفاوت طیف‌های EDS در انواع اولیه فلزات را در سایت‌های مختلف میکروپلاستیک بررسی کردند که در نتیجه آن مشخص شد برخی از فلزات حمل شده توسط پلاستیک‌ها از محیط مشتق شده‌اند.

بوم‌شناسان رودخانه بر این باورند که خصوصیات مکانی و زمانی منطقه هایپریک و میزان تبادل آن به عوامل متعددی مانند ساختار زمین‌شناسی حوزه، نوع و جریان رودخانه، شرایط کانال و سیستم آب‌های زیرزمینی محلی و منطقه‌ای بستگی دارد (Poole et al., 2008; Buss et al., 2009). یکی از ساختارهای موجود در رودخانه‌ها خصوصاً رودخانه‌های دارای شیب، ساختار مورفولوژی پله-حوضچه‌ای است. در رودخانه‌های کوهستانی شیب طبیعی رودخانه زیاد بوده و به دلیل سرعت بالای جریان، رسوبات بستر بیشتر از نوع درشت‌دانه خواهد بود. در این حالت، سنگدانه‌ها بر اساس اندازه‌شان به گونه‌ای کنار هم تجمع یافته و تشکیل فرم‌های مختلف تکراری در رودخانه‌ها را می‌دهند. این فرآیند باعث ایجاد یک لایه

محافظتی در بستر رودخانه و مورفولوژی پله-حوضچه‌ای می‌شود. تاثیر مورفولوژی پله-حوضچه‌ای بر تبادل هایپریک در مطالعات مختلف مانند Woessner (۲۰۱۷) و مطالعه Wondzell و Gooseff (۲۰۱۳) اشاره شده است.

نوع دیگر از ساختار موثر بر تبادل هایپریک وجود کنده‌ها در مسیر رودخانه‌ها است. کنده‌ها بخش مهمی در مسیر رودخانه‌ها هستند که مورفولوژی، هیدرولوژی و بوم‌شناسی رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Millington & Sear, 2007). از مزایای کنده‌ها می‌توان به افزایش پیچیدگی رودخانه از طریق تشکیل کانال‌های انشعابی، افزایش اتصال با دشت، کنترل جریان‌های پایین‌دست، ذخیره رسوب و مواد آلی نام برد. تاثیر وجود کنده‌ها بر تبادل هایپریک نیز در مطالعات متعدد مانند Doughty و همکاران (۲۰۲۰) و Singha و همکاران (۲۰۲۰) بررسی شده است.

جزایر میان‌رودخانه‌ای، مناطق خشکی موجود در رودخانه-ها هستند که توسط آب رودخانه احاطه شده‌اند. این جزایر که به صورت یک‌طرفه و یا دوطرفه در رودخانه‌ها وجود دارد بر تبادل هایپریک اثرگذار است (Wondzell & Gooseff, 2013). بنابراین با توجه به اهمیت میکروپلاستیک در منطقه هایپریک و تاثیر ساختار مورفولوژیک رودخانه بر میکروپلاستیک، در این مطالعه سعی شده است تا با نمونه-برداری از این سه ساختار، وجود میکروپلاستیک مورد بررسی قرار گیرد. تا کنون هیچ مطالعه‌ای در داخل کشور به بررسی میزان و تنوع میکروپلاستیک در منطقه هایپریک نپرداخته است. در این مطالعه برای اولین بار به بررسی حضور میکروپلاستیک در این منطقه حساس بوم‌شناختی پرداخته شده است.

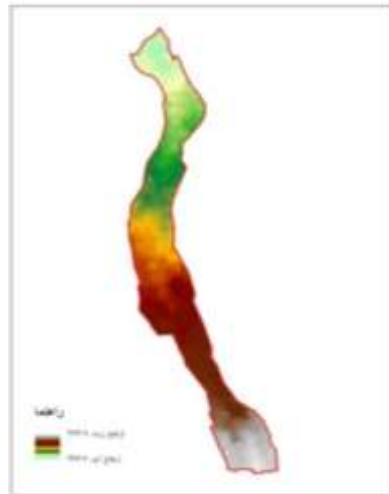
مواد و روش‌ها

رودخانه زیارت در حوزه قره‌سو استان گلستان قرار دارد. حوزه رودخانه قره‌سو در غرب و جنوب‌غربی استان گلستان واقع شده و از شمال و شرق به حوزه گرگان‌رود و از غرب به حوزه خلیج و خلیج گرگان و از جنوب به حوزه نکارود محدود می‌گردد. این رودخانه از ارتفاعات بالاچال، زرشک‌کوه، سفیداب و ناهارخوران در جنوب گرگان سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهر گرگان در حدود روستای حاجی‌قره به

مورفولوژی پله-حوضچه‌ای، کنده‌ها و جزایر میان رودخانه‌ای) در فصل زمستان سال ۱۴۰۱ انجام شد. در بازه ۵۰۰ متری طول رودخانه و در چند نقطه مربوط به هر ساختار نمونه‌برداری انجام گشت. تغییرات ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه در بازه ۴۷۶ تا ۴۷۹ متر بود (شکل ۲).

رودخانه قره‌سو ملحق می‌شود. آورد سالانه آب این رودخانه ۱۵ میلیون مترمکعب است (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۴۰۲).

نمونه‌برداری از طول رودخانه زیارت و در بازه ۵۰۰ متری و براساس سه ساختار مختلف مورفولوژیک (ساختار



شکل ۲. مسیر نمونه‌برداری و تغییرات ارتفاعی آن

بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و شناسایی میکروپلاستیک‌ها با استفاده از روش SMI، Coppock و همکاران (۲۰۱۷) صورت گرفت.

نمونه‌برداری از ساختار پله-حوضچه‌ای، کنده و جزایر به دو صورت قبل و بعد از ساختار صورت پذیرفت (شکل ۳). با توجه به وجود منطقه هایپریک در زیرساختار بستر، نمونه‌برداری در عمق ۳۰ سانتی‌متری از بستر انجام پذیرفت. نمونه‌ها



شکل ۳. مناطق نمونه‌برداری سه ساختار مورفولوژیک پله‌ای، جزیره و کنده

۵۰ گرم نمونه خشک تفکیک و جداسازی و به دستگاه SMI منتقل شد. سپس، ۳۳۶ میلی‌لیتر NaCl (مرک آلمان) ارلن ریخته و به آن آب مقطر اضافه شد تا حجم مجموع به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر برسد. در مرحله بعد، از همزن مغناطیسی برای اشباع کردن آب

میکروپلاستیک‌ها توسط دستگاه SMI (Coppock et al., 2017) از طریق شناورسازی از نمونه‌های آب جدا شدند. برای این کار ابتدا نمونه‌های رسوبی منطقه هایپریک به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس به اندازه

گردیدند. سپس، همه میکروپلاستیک‌های مشاهده شده بر اساس شکل، رنگ و اندازه طبقه‌بندی و شمارش شدند (Drummond et al., 2020).

نتایج

حضور میکروپلاستیک‌ها از نظر اندازه برای سه ساختار متفاوت مورفولوژی رودخانه زیارت در چهار طبقه بررسی شدند (جدول ۱).

و نمک به مدت ۲۰ دقیقه استفاده شد تا کاملاً حل شده و محلولی شفاف حاصل شود. در ادامه، این محلول به دستگاه SMI حاوی ۵۰ گرم نمونه خشک‌شده اضافه و از همزن مغناطیسی برای مخلوط کردن رسوب به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت اجازه ته‌نشینی به محلول داده شد. محلولی که مشکوک به حضور میکروپلاستیک بود توسط پمپ خلا با فیلتر شماره ۰/۴۲ واتمن فیلتر شده در نهایت فیلتر به پتری دیش منتقل گردید. پس از استخراج به روش ذکر شده، نمونه‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتالی تصویربرداری مدل NSZ-606 شرکت NOVEL

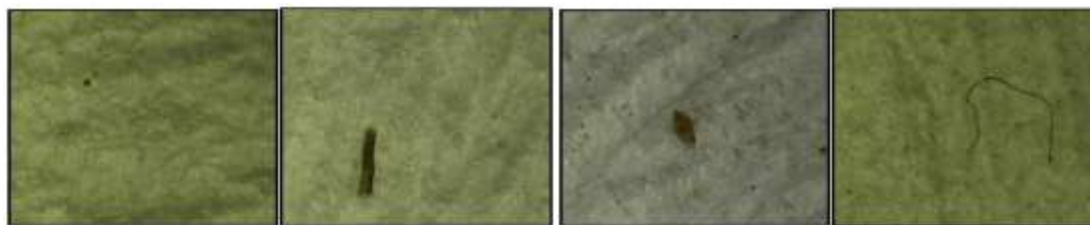
جدول ۱. تفکیک میکروپلاستیک‌ها از لحاظ اندازه

مورفولوژی	موقعیت	کمتر از ۵۰۰ میکرومتر (%)	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرومتر (%)	۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میکرومتر (%)	۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر (%)
کنده	قبل	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳	۲۵	۸/۳۴
	بعد	۵۴/۵۴	۳۶/۳۶	۹/۱	۰
جزیره	قبل	۶۰	۳۰	۱۰	۰
	بعد	۶۸/۴۲	۲۶/۳۲	۰	۵/۲۶
پله-حوضچه	داخل	۶۰	۲۶/۶۶	۶/۶۷	۶/۶۷

نشان از اهمیت منطقه هایپرک در به دام‌انداختن ذرات میکروپلاستیک را نشان داده است. این نکته در ساختار جزیره-ای نیز صدق دارد. در این ساختار نیز تفاوت بین قبل و بعد آن وجود دارد. درصد ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر در قبل از جزایر حدود ۹۰ درصد و در موقعیت بعد از آن به حدود ۹۵ درصد می‌رسد. ساختار پله-حوضچه‌ای نیز دارای قابلیت حدود ۸۶ درصدی برای نگهداری ذرات میکروپلاستیک با اندازه کوچک است.

حضور میکروپلاستیک‌ها از لحاظ شکل نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، ذرات میکروپلاستیک به چهار گروه فیبر، قطعه، رشته^۳ و گلوله^۴ تقسیم شدند (شکل ۴).

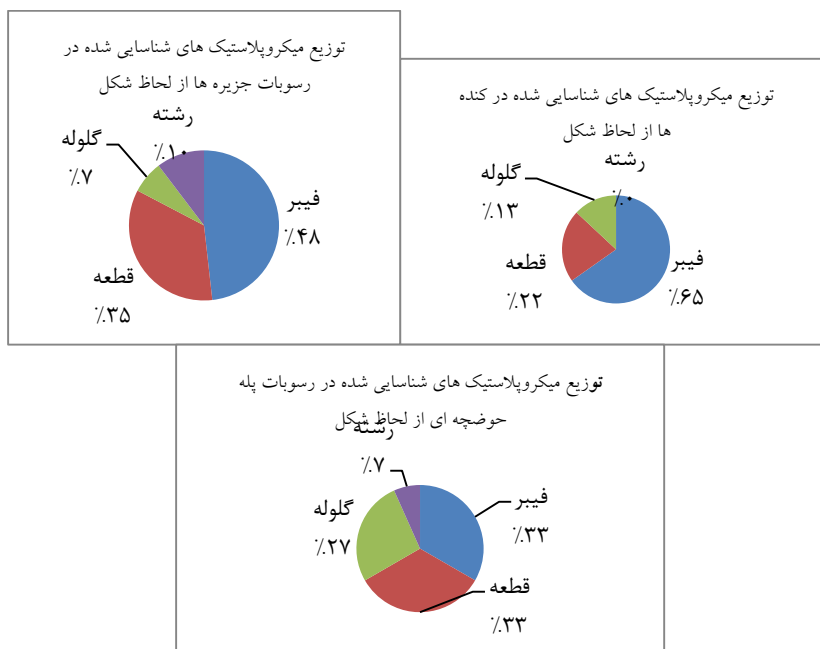
نتایج نشان داد بیشترین میزان میکروپلاستیک موجود در منطقه هایپرک در هر سه ساختار مورفولوژیک پله-حوضچه-ای، کنده‌ها و جزایر میان رودخانه‌ای، ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده است. به گونه‌ای که در کنده‌ها از ۶۷ تا بیش از ۹۰ درصد، در جزایر بیش از ۹۰ درصد و در ساختار پله-حوضچه‌ای نیز بیش از ۸۵ درصد ذرات موجود در منطقه هایپرک در اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده‌اند. این نتایج نشان از قابلیت این منطقه در به دام‌انداختن ذرات با اندازه کوچک دارد. مقایسه نتایج در دو ساختار کنده و جزایر در قبل و بعد از این ساختارها نیز نشان می‌دهد که در کنده‌ها حدود ۶۷ درصد ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر در قبل از کنده‌ها یافت شده‌اند. این مقدار در موقعیت بعد از ساختار کنده‌ها به حدود ۹۰ درصد می‌رسد. به عبارت دیگر، این نتایج



شکل ۴. ذرات میکروپلاستیک موجود در رسوبات منطقه هایپرک رودخانه زیارت با استفاده از استریومیکروسکوپ به ترتیب از راست: فیبر، قطعه، رشته، گلوله

ساختار کنده، رشته وجود نداشت، اما ۶۵/۲۲ درصد فیبر و ۲۱/۷۴ درصد قطعه و ۱۳/۰۴ درصد گلوله ذرات موجود در این ساختار بوده‌اند. با توجه به اینکه میکروپلاستیک‌های گلوله به دلیل چگالی نسبتاً بزرگ‌تر و تخم مرغی، راحت‌تر در رسوب فرو می‌روند و به صورت عمودی حمل می‌شوند، جای تعجب نیست که این امر منجر به ذخیره‌سازی کمتر این اشکال در رسوبات با عمق کمتر شود.

درصد شکل‌های موجود در رودخانه زیارت برای هر کدام از ساختارهای مورفولوژیک متفاوت است (شکل ۵). در مجموع، تعداد فیبرها و قطعه‌ها بیشتر از دو نوع دیگر است. در ساختار جزیره ۴۸/۲۷ درصد فیبر، ۳۴/۴۸ درصد قطعه، ۱۰/۳۴ درصد رشته و حدود ۷ درصد گلوله وجود داشته است. در ساختار پله-حوضچه، فیبر و قطعه تقریباً به یک اندازه و هرکدام ۳۳/۳۳ درصد از کل ذرات را شامل می‌شود. در ادامه، در این منطقه ۶/۶۷ درصد رشته و ۲۶/۶۷ درصد گلوله وجود داشته است. در

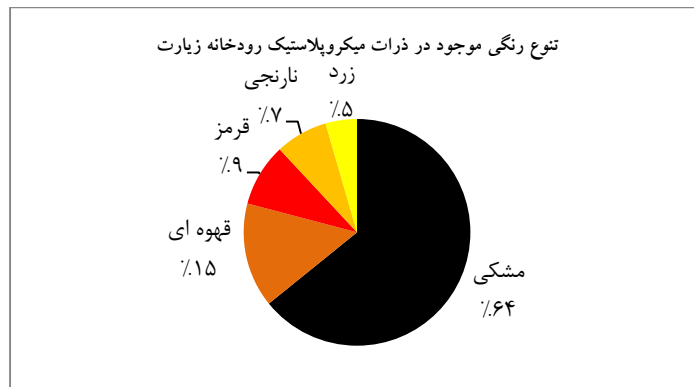


شکل ۵. درصد توزیع اشکال میکروپلاستیک در ساختارهای مختلف مورفولوژیک

تشخیص توزیع رنگ‌های میکروپلاستیک در محیط‌های آبی بسیار مهم است. اگرچه هنوز شواهد قوی برای نشان دادن نقش رنگ ذرات میکروپلاستیک بر موجودات آبی وجود ندارد، اما منطقه هایپرک به عنوان یک منطقه بالقوه ورود و ذخیره میکروپلاستیک به زنجیره غذایی رودخانه‌ای عمل می‌کند. به خصوص، زمانی که رنگ ذرات باعث درک اشتباه

یکی از اصلی‌ترین دلایل غالب بودن فیبر و قطعه در منطقه هایپرک در ساختار شکلی این مواد است که احتمال به دام افتادن آنها را در این منطقه افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، به دلیل سرعت جریان آب در ساختار پله-حوضچه، احتمال غالب بودن هر شکل پایین می‌آید و توزیع درصدی هر کدام از اشکال نیز متوازن‌تر می‌شود.

درصد، رنگ نارنجی با ۷/۴۶ درصد و در انتها، رنگ زرد با ۴/۴۸ درصد کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده است (شکل ۶).



شکل ۶. تنوع رنگی موجود در ذرات میکروپلاستیک رودخانه زیارت

موجودات زنده از این ذرات شده و راه ورود آنها را به زنجیره غذایی هموار می‌سازد. در این پژوهش میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در رنگ‌های مشکی، قرمز، زرد، نارنجی و قهوه‌ای بوده‌اند. رنگ مشکی با ۶۴/۱۸ درصد بیشترین فراوانی و بعد از آن رنگ قهوه‌ای با ۱۴/۹۲ درصد، رنگ قرمز با ۸/۹۶

بحث و نتیجه‌گیری

قطعه میکروپلاستیک شناسایی شده در این مناطق، ۲۹ قطعه متعلق به جزیره، ۲۳ قطعه مربوط به کنده و ۱۵ قطعه میکروپلاستیک هم برای ساختار پله- حوضچه بوده است. نتایج این مطالعه با مطالعات قبلی که در آن اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها نیز در رسوب غالب بود، مطابقت دارد. در ذرات کوچک مانند میکروپلاستیک‌ها، مقیاس منافذ بیشتر تحت تاثیر فرآیندهای تجمع قرار می‌گیرند، زیرا نسبت سطح به حجم و بنابراین واکنش سطح در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر بسیار بیشتر است.

در مطالعات متعدد در زمینه حضور میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی در کشور، بر روی منطقه هایپرک هیچ مطالعه‌ای منتشر شده‌ای وجود ندارد. بنابراین مقایسه مستقیم با داده‌های این مطالعه فقط تا حد محدودی از مطالعه خارج از کشور مقدور است. داده‌های این مطالعه به وضوح تمایل به افزایش فراوانی میکروپلاستیک‌ها با کاهش اندازه ذرات را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد بیشترین میزان میکروپلاستیک موجود در منطقه هایپرک در هر سه ساختار مورفولوژیک پله- حوضچه- ای، کنده‌ها و جزایر میان رودخانه‌ای، ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده است. به گونه‌ای که در کنده‌ها از ۶۷ تا بیش از ۹۰ درصد، در جزایر بیش از ۹۰ درصد و در ساختار پله- حوضچه‌ای نیز بیش از ۸۵ درصد ذرات موجود در منطقه

در سیستم‌های رودخانه‌ای، میکروپلاستیک‌ها (مشابه ذرات طبیعی) به‌طور یکنواخت منتقل نمی‌شوند. سازوکار و مقیاس- های زمانی انتقال به خواص هیدرودینامیکی ذرات میکروپلاستیک مانند اندازه ذرات، شکل، چگالی، زبری سطح و شرایط انتقال هیدرودینامیکی در جریان کانال باز بستگی دارد. در حال حاضر تنها یک درک ابتدایی از سازوکار مربوطه وجود دارد که انتقال میکروپلاستیک‌ها از جریان سطحی به رسوبات بستر رودخانه را کنترل می‌کند. به نظر می‌رسد ته‌نشین شدن میکروپلاستیک‌های معلق به دلیل تاثیر گرانش (رسوب) واضح- ترین سازوکاری است که منجر به انتقال میکروپلاستیک‌ها از جریان به منطقه هایپرک می‌شود (Frei et al., 2019).

تاثیر ساختار مورفولوژیک بر میزان میکروپلاستیک در مطالعه Drummond و همکاران (۲۰۲۰)، که طیف وسیعی از شرایط هیدرودینامیکی در رودخانه‌ها را در نظر گرفتند مشهود است. نتایج ایشان نشان داد تبادل هایپرک برای انتقال و ماندگاری ذرات با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرومتر، صرف‌نظر از نوع پلیمر مهم است. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد میکروپلاستیک در ناحیه هایپرک وجود دارد و مقایسه میکروپلاستیک‌ها در سه ساختار متفاوت مورفولوژی (کنده، جزیره و پله- حوضچه) منطقه هایپرک نشان داد که نوع و اندازه ذرات در این سه ساختار نیز متفاوت است. از میان ۶۷

هایپریک در اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر بوده‌اند. در مقایسه با داده‌های به‌دست‌آمده در پایین‌دست در حوضه آبریز راین، رسوبات رودخانه اصلی آلودگی میکروپلاستیک‌ها نسبتاً کمی را برای ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرومتر نشان می‌دهند (Klein et al., 2015).

Drummond و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تبادل هایپریک برای حفظ میکروپلاستیک‌هایی با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرومتر و ذرات با چگالی کم در همه اندازه‌ها مهم است. در این مطالعه نیز اکثریت میکروپلاستیک‌ها مربوط به ذرات با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر بوده است که تاییدی بر اهمیت میکروپلاستیک در تبادل هایپریک رودخانه زیارت است. کمترین فراوانی هم مربوط به ذرات ۳۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر است. اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها به دلیل تاثیر بالقوه آنها بر موجودات زنده از اهمیت خاصی برخوردار است (Rasta et al., 2020). He و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند میکروپلاستیک‌های کوچک، جدی‌ترین تهدیدات بالقوه را هم برای موجودات آبی و هم برای بوم‌سازگان ایجاد می‌کنند.

در مطالعه حاضر، میکروپلاستیک‌ها در چهار دسته فیبر، قطعه، رشته و گلوله تقسیم‌بندی شدند که فیبرها بیشترین فراوانی و سپس، قطعه‌ها و گلوله‌ها و در آخر رشته‌ها قرار دارند. این نتیجه در مطالعه قبلی تپه و همکاران (۱۴۰۱) که به تعیین فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو اردبیل پرداختند نیز مشهود بوده است. ایشان در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که فیبر و قطعه فراوان‌ترین اشکال میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو است. در مطالعه Hernandez و همکاران (۲۰۱۷) به این نتیجه اشاره شد که فاضلاب ماشین لباسشویی حاوی مقدار زیادی میکروپلاستیک فیبر مانند می‌باشد. بنابراین ورود فاضلاب‌های خانگی به رودخانه زیارت می‌تواند علل فراوانی میکروپلاستیک‌های فیبری در این رودخانه باشد. ریختن زباله‌هایی مانند بطری‌های نوشابه و آب، کیسه‌های پلاستیکی و غیره توسط گردشگران به آب و حاشیه رودخانه زیارت می‌تواند منشا میکروپلاستیک‌های ثانویه‌ای مانند قطعه باشد. Yeganeh و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند تردد وسایل نقلیه در جاده‌های نزدیک به رودخانه، احتمال انتقال ذرات پلاستیک

ناشی از ساییدگی لاستیک خودروها توسط رواناب به رودخانه را ممکن می‌سازد. وجود خط تردد وسایل نقلیه در کنار رودخانه زیارت می‌تواند تاییدی بر این ادعا باشد.

در هر مطالعه، با توجه به متغیر کاربری اراضی و عوامل محیطی، مورفولوژی میکروپلاستیک‌ها یعنی شکل، رنگ و اندازه آنها می‌تواند به‌طور گسترده متفاوت باشد (Eerkes-Medrano et al., 2015; Horton et al., 2017). به‌طور مثال، در تمام رسوبات مربوط به مطالعه کنونی، فیلم و فوم یافت نشد. Zhou و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که بیشترین مقدار میکروپلاستیک در رسوبات مصب، شکل قطعه است و به دنبال آن میکروپلاستیک‌های فیبری قرار دارند و یا در مطالعه Bao و همکاران (الف ۲۰۲۳)، بیشترین مقدار میکروپلاستیک گلوله و فوم بوده است. تفاوت بین این مطالعات با منطقه مورد مطالعه حاضر ممکن است ناشی از شرایط منطقه باشد.

Yan و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که ویژگی‌های بصری میکروپلاستیک‌ها (به‌ویژه رنگ) می‌تواند بر بلع آنها توسط ماهی تاثیرگذار باشد. در مطالعه حاضر، میکروپلاستیک‌های جداسازی شده در رنگ‌های مختلف مشکی، قهوه‌ای، قرمز، نارنجی و زرد مشاهده شده‌اند که رنگ مشکی بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. Avio و همکاران (۲۰۱۵)، Cole و Galloway (۲۰۱۵) و Arias و همکاران (۲۰۱۸) بررسی کردند که ذرات میکروپلاستیک رنگی می‌توانند به راحتی توسط موجودات آبی به‌عنوان غذا اشتباه گرفته شوند. بنابراین، رنگ میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی نگران‌کننده است.

یکی از ویژگی‌های رودخانه زیارت در محل نمونه‌برداری پژوهش حاضر، نزدیکی محل نمونه‌برداری به تصفیه‌خانه می‌باشد. در مطالعه Bao و همکاران (ب ۲۰۲۳)، بین فراوانی میکروپلاستیک در رودخانه‌های مناطق شهری و سطح جمعیت و اقتصاد منطقه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد، اما با کارآیی تصفیه فاضلاب شهری همبستگی منفی معنی‌داری داشت. بنابراین در تجمع میکروپلاستیک‌های این محدوده که هم محل بازدید گردشگران و هم محل حضور تصفیه‌خانه است می‌توان نقش بیشتر را به تصفیه‌خانه نسبت داد. ضمن آنکه حضور فیبر با فراوانی بالا در منطقه که منشا اصلی آن فاضلاب‌های خانگی است تاییدی بر این مدعا است.

- matter cycles in aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 635: 1152-1159.
- Arthur, C., Baker, J.E. and Bamford, H.A. (2009) Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA, pp. 32-47.
- Avio, C.G., Gorbi, S. and Regoli, F. (2015) Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine environmental research*, 111: 18-26.
- Ballent, A., Corcoran, P.L., Madden, O., Helm, P.A. and Longstaffe, F.J. (2016) Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1): 383-395.
- Bao, K., Jiang, H., Su, P., Lu, P. and Yan, Z. (2023a) Vertical profiles of microplastics in the hyporheic zone sediment: A case study in the Yangtze River, Nanjing Section. *Sustainability*, 15(10): 7895.
- Bao, M., Xiang, X., Huang, J., Kong, L., Wu, J. and Cheng, S. (2023b) Microplastics in the atmosphere and water bodies of coastal agglomerations: A mini-review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3): 2466.
- Buss, S., Cal, Z., Cardenas, B., Fieckenstein, J., Hannah, D., Heppell, K., Hulme, P., Ibrahim, T., Kaeser, D., Krause, S., Lawier, D., Lerner, D., Mant, J., Malcolm, I., Old, G., Parkin, G., Pickup, R., Pinay, G., Porter, J., Rhodes, G., Richie, A., Riley, J., Robertson, A., Sear, D., Shields, B., Smith, J., Tellam, J. and Wood, P. (2009) The Hyporheic handbook: A Handbook on the Groundwater-Surfacewater Interface and Hyporheic Zone for Environment Managers. Integrated Catchment Science Programme, Science Report: SC050070. Environment Agency, Bristol, pp. 73-86.
- Capozzi, F., Carotenuto, R., Giordano, S. and Spagnuolo, V. (2018) Evidence on the effectiveness of mosses for biomonitoring of microplastics in fresh water environment. *Chemosphere*, 205: 1-7.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M.B. and Janssen, C.R. (2013) New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine pollution bulletin*, 70(1-2): 227-233.
- Cole, M. and Galloway, T.S. (2015) Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. *Environmental Science & Technology*, 49(24): 14625-14632.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2011) Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12): 2588-2597.
- Coppock, R.L., Cole, M., Lindeque, P.K., Queirós, A.M. and Galloway, T.S. (2017) A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution*, 230: 829-837.
- Doughty, M., Sawyer, A.H., Wohl, E. and Singha, K. (2020) Mapping increases in hyporheic exchange
- داده‌های این مطالعه نشان داد منطقه هایپرک یک منطقه تجمع مهم برای میکروپلاستیک‌ها با اندازه ذرات مختلف در بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد میکروپلاستیک‌های کوچک‌تر از ۱۰۰۰ میکرومتر در مقیاس منافذ به‌طور بالقوه فراوان‌ترین کسر اندازه را در رسوبات رودخانه زیارت نشان داد. از آنجایی که بسیار بعید است که این مورد فقط برای رودخانه زیارت باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اهمیت میکروپلاستیک‌ها با اندازه در مقیاس مختلف و پایین‌تر برای سایر سیستم‌های رودخانه نیز قابل توجه است. با توجه به خروجی مطالعه و دقت مورد نظر می‌توان انتظار داشت که حضور میکروپلاستیک‌ها در اندازه‌های با تفکیک کوچک‌تر در رسوبات بستر رودخانه به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد و می‌توان انتظار داشت که میکروپلاستیک‌ها با اندازه‌های بسیار کوچک‌تر ممکن است حتی به آب‌های زیرزمینی کم‌عمق برسند. بنابراین پرداختن به مطالعات جامع‌تر با دقت و طبقه‌بندی دقیق‌تر میکروپلاستیک‌ها در بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای به‌دلیل نقشی که در امنیت آب آشامیدنی ایجاد می‌کنند، ضروری است.
- ### منابع
- سالنامه آماری استان گلستان. (۱۴۰۲) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان، گزارش وضعیت طبیعی استان، جلد اول. صفحه ۸۵.
- علی‌محمدی، م. و کریمیان، ک. (۱۳۹۷) آلاینده‌های میکروپلاستیک، انتشارات آوای قلم، تهران، ۳۵۲ صفحه.
- قنبری‌تپه، ن.، فتایی، ا.، ناجی، ا.، ایمانی، ع. و ناصحی، ف. (۱۴۰۱) تعیین فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو اردبیل. نشریه سلامت و بهداشت، ۱۳(۲): ۱۹۹-۲۱۲.
- یگانه‌فر، م.، شاکری، ع.، رستگاری‌مهر، م. و لاهیجانی، ا. (۱۳۹۹) مطالعه فراوانی و خصوصیات ذرات میکروپلاستیک به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور در رسوبات سد طالقان و رودخانه بالادست در استان البرز. فصلنامه سلامت و محیط‌زیست، ۱۳(۱): ۷۴-۶۳.
- Arias-Andres, M., Kettner, M.T., Miki, T. and Grossart, H.P. (2018) Microplastics: New substrates for heterotrophic activity contribute to altering organic

- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J.L. and Pereira, T. (2015) Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1): 119-126.
- Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I. and Thompson, R.C. (2014) Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6): 315-320.
- PlasticsEurope, E.P.R.O. (2023) Plastics-the facts 2023. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe. Retrieved from <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>
- Poole, G.C., O'daniel, S.J., Jones, K.L., Woessner, W.W., Bernhardt, E.S., Helton, A.M., Stanford, J.A., Boer, M.R. and Beechie, T.J. (2008) Hydrologic spiralling: The role of multiple interactive flow paths in stream ecosystems. *River Research and Applications*, 24(7): 1018-1031.
- Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M.S. and Namin, J.I. (2020) Identification and distribution of microplastics in the sediments and surface waters of Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111541.
- Singha, K., Doughty, M., McFadden, S., Hucks Sawyer, A. and Wohl, E. (2020) Mapping increases in hyporheic exchange from channel-spanning logjams. In EGU General Assembly Conference Abstracts, p. 1342.
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J. and Janssen, C.R. (2013) Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182: 495-499.
- Van Franeker, J.A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P.L. and Olsen, B. (2011) Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution*, 159(10): 2609-2615.
- Wagner, S., Klockner, P., Stier, B., Romer, M., Seiwert, B., Reemtsma, T. and Schmidt, C. (2019) Relationship between discharge and river plastic concentrations in a rural and an urban catchment. *Environmental Science & Technology*, 53(17): 10082-10091.
- Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Gao, Y., Zhan, Z., Chen, Q. and Cai, L. (2017) Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone: Composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals. *Chemosphere*, 171: 248-258.
- Ward, A.S. (2016) The evolution and state of interdisciplinary hyporheic research. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 3(1): 83-103.
- Woessner, W.W. (2017) Hyporheic zones. In *Methods in Stream Ecology*, Volume 1, Academic Press. pp. 129-157.
- Wondzell, S.M., Gooseff, M.N., (2013) Geomorphic controls on hyporheic exchange across scales: watersheds to particles. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Wohl, E. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 9, Fluvial Geomorphology, pp. 203-218.
- from channel-spanning logjams. *Journal of Hydrology*, 587: 124931.
- Drummond, J.D., Nel, H.A., Packman, A.I. and Krause, S. (2020) Significance of hyporheic exchange for predicting microplastic fate in rivers. *Environmental Science & Technology Letters*, 7(10): 727-732.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C. and Aldridge, D.C. (2015) Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritization of research needs. *Water research*, 75: 63-82.
- Frei, S., Piehl, S., Gilfedder, B.S., Löder, M.G J., Krutzke, J., Wilhelm, L. and Laforsch, C. (2019) Occurrence of microplastics in the hyporheic zone of rivers. *Scientific Reports*, 9(1): 1-11.
- Ganie, Z.A., Mandal, A., Arya, L., Sangeetha, T., Talib, M. and Darbha, G.K. (2024) Assessment and accumulation of microplastics in the Indian riverine systems: Risk assessment and implications of translocation across the water-to-fish continuum. *Aquatic Toxicology*, 272: 106944.
- He, B., Wijesiri, B., Ayoko, G.A., Egodawatta, P., Rintoul, L. and Goonetilleke, A. (2020) Influential factors on microplastics occurrence in river sediments. *Science of The Total Environment*, 738: 139901.
- Hernandez, E., Nowack, B. and Mitrano, D.M. (2017) Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environmental Science & Technology*, 51(12): 7036-7046.
- Horton, A.A., Svendsen, C., Williams, R.J., Spurgeon, D.J. and Lahive, E. (2017) Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK—Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1): 218-226.
- Hurley, R., Woodward, J. and Rothwell, J.J. (2018) Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature Geoscience*, 11(4): 251-257.
- Kershaw, P.J. and Rochman, C.M. (2015) Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment. Reports and Studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) Eng, No. 93.
- 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.
- Millington, C.E. and Sear, D.A. (2007) Impacts of river restoration on small wood dynamics in a low gradient headwater stream. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(8): 1204-1218.
- Nam, S.H., Kim, S.A., Lee, T.Y. and An, Y.J. (2023) Understanding hazardous concentrations of microplastics in fresh water using non-traditional toxicity data. *Journal of Hazardous Materials*, 445: 130532.

- Zeng, J., Wu, W., Chen, X., Wang, S., Wu, H., El-Kady, A.A., Poapolathep, A., Cifuentes, A., Ibañez, E., Li, P. and Zhang, Z. (2024) A smartphone-assisted photoelectrochemical POCT method via Z-scheme $\text{CuCo}_2\text{S}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$ for simultaneously detecting co-contamination with microplastics in food and the environment. *Food Chemistry*, 452: 139430.
- Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., Tu, C. and Luo, Y. (2018) The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma*, 322: 201-208.
- Yan, M., Nie, H., Xu, K., He, Y., Hu, Y., Huang, Y. and Wang, J. (2019) Microplastic abundance, distribution and composition in the Pearl River along Guangzhou city and Pearl River estuary, China. *Chemosphere*, 217: 879-886.
- Yang, L., Kang, S., Luo, X. and Wang, Z. (2024) Microplastics in drinking water: A review on methods, occurrence, sources, and potential risks assessment. *Environmental Pollution*, 25: 123857.
- Yeganeh, F.M., Shakeri, A., Rastegari, M.M. and Lahijani, O. (2020) Investigating abundance and characteristics of microplastics as emerging pollutants in sediments of Taleqan dam and upstream river in Alborz province. *Iranian Journal of Health and Environment*, 13(1):65-76.

Occurrence and Distribution of Microplastics in the Hyporheic Zone of the Ziarat River in Golestan Province

Nasim Shabani¹, Mehdi Meftah Halaghi^{2*}, Amirahmad Dehghani³, Hassan Rezaie⁴ and Mohammad Abdolhoseini⁵

- 1) Ph.D. Candidate, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- 2) Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
*Corresponding Author Email Address meftah@gau.ac.ir
- 3) Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- 4) Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
- 5)

Date of Submission: 2024/08/05

Date of Acceptance: 2024/09/28

Abstract

The hyporheic zone (HZ) is an ecologically crucial and sensitive component of fluvial ecosystems. It is defined as the area below the streambed interface that is influenced equally by surface water and groundwater flow dynamics. Microplastics (MPs) found in the hyporheic zone (HZ) are likely to have a significantly longer retention time, resulting in prolonged exposure to benthic organisms. This study investigated the distribution and characteristics of microplastics in the sediment of the HZ of the Ziarat River. To achieve this objective, samples were collected from three different morphological structures within the hyporheic area during the winter season. The sediments were then transported to the laboratory for analysis of the shape, color, and size of the microplastics. According to their morphological characteristics, microplastic shapes were categorized into fibers, pellets, foams, and fragments. The color of the microplastic particles was recorded based on the color of their surfaces. The size of the microparticles was measured by the longest dimension in the image and divided into the following categories: <0.5 mm, 0.5–1.0 mm, 1.0–3.0 mm, and 3.0–5.0 mm. Our analysis of microplastics (MPs) ranging from 500 to 5,000 μm in three morphological structures (step-pool, island, and lag jams) extracted from the Ziarat River revealed that MPs were detectable at depths of up to 0.6 m below the streambed. The highest abundances of MPs were observed in pore-scale particles measuring less than 1,000 μm . The abundance of fiber and fragment microplastics in the three morphological structures was highest in most sediment layers, followed by line microplastics. The observed colors of microplastics in the sediment of this study mainly included black, brown, yellow, red, and orange, with black being the dominant color. These results offer valuable insights into the fate of microplastics in the HZ region of the river.

Keywords: Hyporheic Zone, Island, Lag Jams, Microplastic, Morphological Structures, Step-pool.