

تأثیر استقرار کارخانه لاستیک سازی خوزستان بر ذرات میکروپلاستیک در شبکه آبیاری سد گتوند

ندا معتمدی

کارشناسی ارشد شیمی آلی دانشگاه پیام نور تهران شرق

چکیده

هر سال، میلیاردها وسیله نقلیه در سراسر دنیا حدود شش میلیون تن خرده تایلر تولید می‌کنند. حضور قطعات ریز پلاستیک در محیط زیست از جمله مشکلاتی می‌باشد که اخیراً به آن پی برده شده است. برای بررسی وضعیت این آلاینده ۱۳ نمونه رسوب از سد گتوند برداشت شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی ضخیم برای استخراج و H_2O_2 و جداسازی شمارش ذرات میکروپلاستیک به آزمایشگاه منتقل شدند. حذف مواد آلی در نمونه‌ها با استفاده از ذرات میکروپلاستیک از ذرات رسوب به روش جدایش چگالشی و شناسایی و شمارش با استفاده از میکروسکوپ نوری دو چشمی انجام شد. میانگین غلظت ذرات میکروپلاستیک در منطقه مورد مطالعه ۱۱,۶۷ عدد در ۲۵۰ گرم بود و بیشینه و کمینه غلظت آن به ترتیب ۲۲ و ۱ عدد بود. در این پژوهش حدود ۴۹ درصد از میکرو پلاستیک‌های یافت شده رشته ای، ۳۶ درصد چندوجهی و ۱۴ درصد کروی بودند. رنگ غالب این ذرات سفید/شفاف و سیاه/خاکستری بود که به ترتیب ۳۲ و ۳۶ درصد از کل میکرو پلاستیک‌ها را تشکیل می‌دادند. همچنین حدود ۱۳، ۱۴ و ۵ درصد از میکرو پلاستیک‌ها به ترتیب زرد/نارنجی، قرمز/صورتی و آبی/سبز بود. به طور کلی حدود ۵۲، ۳۳، ۳۸، ۳ و ۳ درصد از میکرو پلاستیک‌ها به ترتیب مربوط به ذرات میکروپلاستیک با اندازه‌های کمتر از ۱۰۰ از ۱۰۰ تا ۲۵۰، از ۲۵۰ تا ۵۰۰، از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و از ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر بود. نتایج این پژوهش نشان داد که ذرات میکروپلاستیک در منطقه مورد تحقیق حضور دارند و اغلب این ذرات رشته ای و با اندازه‌هایی کمتر از ۱۰۰ میکرومتر هستند. این به معنای زیاد بودن ظرفیت جذب این ذرات برای آلاینده‌ها می‌باشد. در ناحیه اطراف ایستگاه S9 به هیچ عنوان نباید در بین گزینه‌های مکان برای تاسیس کارخانه باشد. طبق نتایج پژوهش مناطق نزدیک به ایستگاه S12 می‌تواند کاندیدای مناسبی باشد.

کلمات کلیدی: ذرات میکروپلاستیک، سد گتوند، شبکه آبیاری، آلاینده

مقدمه

هر سال، میلیاردها وسیله نقلیه در سراسر دنیا حدود شش میلیون تن خرده تایلر تولید می‌کنند. این ذرات کوچک پلاستیکی در اثر سایش تایرهای خودروها به وجود می‌آیند و به تدریج در خاک، آب شیرین و حتی در غذای ما انباشته می‌شوند. پژوهشگران در جنوب چین قبلاً ترکیبات مشتق از تایلر را در بیشتر نمونه‌های ادرار انسانی شناسایی کردند. ذرات تایلر یکی از منابع مهم اما کمتر شناخته‌شده‌ی آلودگی میکروپلاستیکی هستند. این ذرات حدود ۲۸ درصد از میکروپلاستیک‌هایی را تشکیل می‌دهند که وارد محیط زیست می‌شوند. با وجود تأثیر گسترده، ذرات تایلر اغلب در دسته‌بندی کلی میکرو پلاستیک‌ها قرار می‌گیرند و به ندرت به عنوان مشکلی مستقل بررسی می‌شوند، درحالی‌که ویژگی‌های منحصر به فرد آن‌ها نیازمند رویکردی تخصصی و متفاوت است.

گروهی از پژوهشگران در مطالعه‌ی بین‌المللی، شناسایی ذرات تایلر به عنوان نوعی آلودگی مجزا را ضروری اعلام کرده‌اند. مطالعه‌ی آن‌ها نشان داده است که شناسایی این ذرات، می‌تواند مسیر پژوهش‌ها را با دقت بیشتری مشخص کند و در نتیجه، سیاست‌هایی هدفمند برای کاهش آلودگی ناشی از تایرها تدوین شود. چنین رویکردی به آگاهی بخشی عمومی نیز کمک می‌کند تا مردم ابعاد مشکل را بهتر درک کنند و بدانند که چگونه می‌توانند نقشی در کاهش آن داشته باشند (قلی زاده و همکاران، ۱۴۰۳).

در قرن گذشته، تولید و مصرف مقادیر بالای مواد پلاستیکی از جمله پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS)، و پلی ونیل کلراید (PVC)، به دلیل ارزان، سبک، قوی و مقاوم در برابر خوردگی بودن، موجب دفع و پخش بسیار زیاد این مواد به محیط زیست شده است. به طوری که تولید سالانه پلاستیک از ۱/۷ میلیون تن در سال ۱۹۵۰، به بیش از ۳۵۰ میلیون تن در سال‌های اخیر رسیده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، هر ساله تقریباً ۱۰ درصد از تولید سالانه یعنی حدود ۸/۵ میلیون تن پلاستیک (به عنوان زباله) وارد محیط‌های آبی به خصوص اقیانوس‌ها می‌شوند (اسلامی و همکاران، ۱۴۰۳).

ذرات تایلر، ترکیبی پیچیده از لاستیک‌های مصنوعی و طبیعی همراه با صدها افزودنی شیمیایی هستند. این ترکیبات می‌تواند پیامدهای گسترده و گاهی غیرقابل پیش‌بینی به همراه داشته باشد. برای مثال، روی اکسید (زینک اکساید ZnO) که حدود ۰.۷ درصد از وزن تایلر را تشکیل می‌دهد، برای افزایش دوام تایلر ضروری است. اما این ماده حتی در مقادیر اندک نیز برای ماهی‌ها و موجودات آبی بسیار سمی است و می‌تواند زیست‌بوم‌ها را مختل کند.

تخمین زده می‌شود که حدود ۲۵۰ میلیون تن پلاستیک تا سال ۲۰۲۵ وارد اقیانوس‌ها شود. مطابق مطالعه "فراونهور"، میکرو پلاستیک‌ها بطور عمده از طریق آب باران به محیط زیست منتقل می‌شوند. بعنوان مثال با آب باران خرده‌های لاستیک نه تنها به سیستم فاضلاب ریخته می‌شوند بلکه تقریباً در همه جا جاری می‌شوند. اگرچه وسایل تصفیه فاضلاب می‌توانند تا ۹۵ درصد از میکرو پلاستیک‌ها را جذب کنند، اما پس از استفاده از لجن فاضلاب در کشاورزی این مواد می‌توانند دوباره به محیط زیست بازگردند (Verma et al., ۲۰۲۵).

پژوهشگران تأکید دارند که طبقه‌بندی این ذرات به عنوان یک دسته خاص از آلودگی، می‌تواند تحقیقات متمرکزتری را به همراه داشته و به سیاست‌هایی برای کاهش آلودگی ناشی از لاستیک‌ها منجر شود. این اقدام همچنین می‌تواند به افزایش آگاهی عمومی در مورد این مشکل کمک کند. لاستیک خودروها از ترکیبی پیچیده از لاستیک‌های طبیعی و مصنوعی و صدها ماده افزودنی شیمیایی ساخته شده است. این ترکیبات می‌توانند پیامدهای غیرمنتظره و گسترده‌ای برای محیط زیست داشته باشند. بعنوان مثال، اکسید روی که حدود ۰.۷ درصد وزن لاستیک را تشکیل می‌دهد، با وجود افزایش دوام لاستیک‌ها، برای آبزیان بسیار سمی است و حتی در مقادیر کم می‌تواند اکوسیستم‌ها را مختل کند (مسعودی و همکاران، ۱۴۰۰).

یکی دیگر از افزودنی‌های مضر، ماده‌ای به نام PPD۶ است که از ترک خوردگی لاستیک‌ها جلوگیری می‌کند. این ماده هنگام قرارگیری در معرض هوا و آب به ترکیبی به نام PPD-quinone۶ تبدیل می‌شود که با تلفات گسترده ماهیان در ایالات متحده مرتبط است.

میکروپلاستیک

پلاستیک یکی از عمده عوامل آلودگی آب دریاها و اقیانوس‌ها محسوب می‌شود. اما بر خلاف تصورات موجود تأثیرات دقیق ریزپلاستیک‌ها بر موجودات زنده و محیط زیست تا حدود زیادی برای دانشمندان نامشخص است. ریزپلاستیک‌ها اشیایی فوق‌العاده کوچک هستند؛ که در نزدیکی سطح بستر یا بر روی ساحل دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارند. در واقع آن‌ها به عنوان اشیایی پلاستیکی که قطرشان کمتر از ۵ میلی‌متر است شناخته می‌شوند. مطالعات صورت گرفته در دهه ۱۹۷۰ شروع به بررسی سطح ریزپلاستیک‌ها در اقیانوس‌ها کردند و دریافتند که سطح بالایی از آن‌ها در اقیانوس اطلس و سواحل ایالات متحده وجود دارد. امروزه ۸ میلیون تن ضایعات پلاستیکی به اقیانوس وارد می‌شود. ۲۵۰ هزار تن از این پلاستیک‌ها در حال حاضر در دریا شناور است در حالی که بقیه آن احتمالاً ته‌نشینی و شسته شدن از ساحل هستند (بهمنش و همکاران، ۱۴۰۱). این ذرات ریز پلاستیکی که در اثر استفاده معمول از خودروها ایجاد می‌شوند، به تدریج در خاک، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و حتی مواد غذایی ما انباشته می‌شوند. پژوهشگران در جنوب چین اخیراً ترکیبات شیمیایی مشتق از لاستیک را در اکثر نمونه‌های ادرار انسانی کشف کرده‌اند.

این ذرات لاستیکی به‌عنوان یکی از منابع مهم، اما کمتر شناخته‌شده میکرو پلاستیک‌ها شناخته می‌شوند و ۲۸ درصد از میکرو پلاستیک‌های وارد شده به محیط زیست را تشکیل می‌دهند. با وجود ابعاد گسترده این مسئله، ذرات لاستیک اغلب نادیده گرفته شده و به‌عنوان یک دسته‌بندی جداگانه از آلودگی شناخته نمی‌شوند، در حالی که ویژگی‌های خاص آنها نیازمند رویکردی متفاوت است (کاظمی درسنگی و همکاران، ۱۴۰۳).

تأثیرات میکروپلاستیک بر سلامت انسان

میکرو پلاستیک‌ها نه‌تنها برای محیط زیست خطرناک هستند، بلکه می‌توانند سلامت انسان را نیز به خطر بیندازند. این ذرات از طریق منابع مختلف وارد بدن شده و ممکن است اثرات نامطلوبی بر روی سیستم‌های حیاتی بگذارند. در این بخش، مهم‌ترین راه‌های ورود میکروپلاستیک به بدن انسان و اثرات احتمالی آن بررسی می‌شود (قنبری تپه و همکاران، ۱۴۰۱).

۱- راه‌های ورود میکروپلاستیک به بدن انسان

مصرف آب و مواد غذایی آلوده: تحقیقات نشان داده‌اند که میکرو پلاستیک‌ها در آب آشامیدنی، نمک دریا، غذاهای دریایی و حتی برخی از میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شوند (علویان پطروودی و هاشمی، ۱۴۰۰).

استنشاق هوای آلوده: این ذرات معلق در هوا می‌توانند از طریق سیستم تنفسی وارد ریه‌ها شوند.

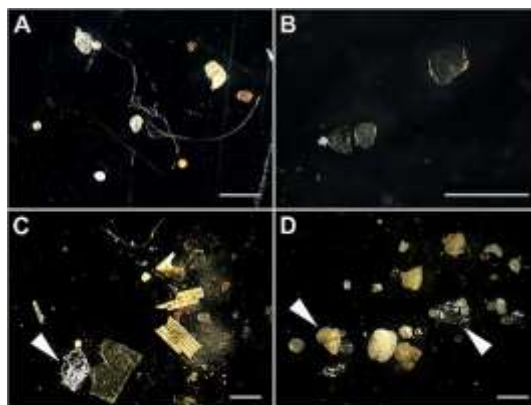
تماس پوستی: برخی محصولات آرایشی و بهداشتی حاوی میکروپلاستیک هستند که ممکن است از طریق پوست جذب شوند.

۲- اثرات میکروپلاستیک بر بدن انسان

مشکلات گوارشی: مصرف مواد غذایی آلوده به میکروپلاستیک ممکن است باعث اختلالات گوارشی، التهاب و آسیب به دیواره روده شود. آسیب به سیستم ایمنی: مطالعات نشان داده‌اند که این ذرات می‌توانند عملکرد سیستم ایمنی بدن را تضعیف کنند (کاظمی درسنگی و همکاران، ۱۴۰۳).

اختلالات هورمونی: برخی از ترکیبات شیمیایی موجود در میکرو پلاستیک‌ها مانند بیسفنول A (BPA) و فتالات‌ها، می‌توانند به‌عنوان مختل‌کننده‌های غدد درون‌ریز عمل کرده و موجب مشکلات هورمونی شوند. افزایش خطر بیماری‌های قلبی و ریوی: استنشاق میکرو پلاستیک‌های موجود در هوا ممکن است موجب التهاب ریوی و افزایش احتمال بیماری‌های قلبی-عروقی شود (Recabarren et al., ۲۰۲۵).

سرطان‌زایی بالقوه: برخی از مواد شیمیایی مرتبط با میکرو پلاستیک‌ها ممکن است دارای خاصیت سرطان‌زایی باشند، اگرچه تحقیقات بیشتری برای تأیید این موضوع لازم است.



شکل ۱ - میکروپلاستیک در آب آشامیدنی

۳ - گروه‌های آسیب‌پذیرتر

کودکان و نوزادان: سیستم ایمنی و متابولیسم بدن کودکان در حال رشد است، بنابراین آن‌ها بیشتر در معرض خطر اثرات منفی میکرو پلاستیک‌ها قرار دارند.

زنان باردار: مطالعات نشان داده‌اند که برخی از ذرات میکروپلاستیکی ممکن است از طریق جفت به جنین منتقل شوند. افرادی که در مناطق صنعتی زندگی می‌کنند: میزان میکرو پلاستیک‌های معلق در هوا در مناطق صنعتی و شهری بیشتر است که می‌تواند برای ساکنان این مناطق خطرناک‌تر باشد. با توجه به خطرات احتمالی میکرو پلاستیک‌ها برای سلامت انسان، لازم است اقدامات لازم برای کاهش مواجهه با این ذرات و استفاده از جایگزین‌های پایدارتر انجام شود (قلی زاده و همکاران، ۱۴۰۳).

مخاطرات صنعت لاستیک سازی

در صنعت لاستیک عوامل زیادی وجود دارد که هوا را آلوده می‌کند. داسکالکتورها و نیروگاه‌های بخار (Builer) قابل توجه تر است. خروجی‌ها یا داسکالکتورها یک سیستم جمع آوری کننده گرد و غبار است که در صورت خراب شدن یا مسدود شدن فیلتر موجب انتشار گازهای خطرناکی مانند NOx و SO₂ در هوا می‌شود. در آگروز بویلرها یا دیگ های بخار نیز گازهای آلاینده ای مانند SO/CO/NO به محیط وارد می‌شوند. مسئله دیگر انبار کردن نادرست تایرها و مواد اولیه تولید لاستیک است که موجب آلودگی هوای محیط می‌شود. از آن جایی که لاستیک ها موادی هستند که قابلیت اشتعال آنها خیلی بالاست می‌تواند با کوچکترین بی احتیاطی فاجعه عظیم به بار آورد.

فاضلاب ها در صنعت لاستیک به دوصورت است: فاضلاب های انسانی - فاضلاب های صنعتی حاصل از شستشو محوطه و نظافت کاری و در قسمتهای مختلف تولید مانند: بنبوری، بچاف یونیت، دترژنت ها که این فاضلاب ها وارد سیستم تصفیه بیولوژیکی می‌شود که بعد از کلر زنی تخلیه می‌شود. علاوه بر این هنگامی که فاضلاب کارخانه ها تصفیه می‌شود، آب تمیز شده، اما کارخانه با لجن یا محصولات جانبی روبه روست که بایستی به طریقی از بین بروند و یا به طور معمول دفن شوند. اگر به دلیلی کارخانه فاقد سیستم تصفیه فاضلاب باشد و پساب ها را بدون تصفیه و به صورت خام به محیط پیرامون منتقل کند می‌تواند موجب آلودگی آب های سطحی و دیگر منابع طبیعی و انسانی شود. به همین دلیل فاضلاب خروجی باید استاندارد آب و فاضلاب بنا بر محل تخلیه مانند تخلیه در کانال های روباز، رودخانه،... پیروی کند، به همین دلیل سالی یک دفعه فاضلاب خروجی را نمونه برداری می‌کنند تا از لحاظ میکروبی، شیمیایی و... مشکلی ایجاد نکند.

مسئله دیگر و آخرین مبحث، مسئله تایرهای فرسوده است. از اوایل دهه ۱۹۶۰-۱۹۷۰ انباشتگی تایرهای فرسوده در گورستان های زباله، زباله دانی های غیر قانونی، زمین های خالی، ساختمان های متروکه و کناره جاده ها آغاز شد. چهره ناخوشایند مکان های جمع آوری و دفن تایرهای فرسوده همراه با خطرهای بالقوه حاصل از احتراق آنها باعث اعتراض گروه های طرفدار محیط زیست نسبت به روشهای جمع آوری و دفن این زباله ها شده است. این مسئله به قدری اهمیت داشت که در سال ۱۹۸۹ زمانی که کمیسیون اروپا شروع به مطالعه روی زباله های جوامع صنعتی کرد تایر فرسوده به عنوان یکی از بحث های کلیدی مطرح شد. تایرهایی که در گورستان های بهداشتی زباله می‌شوند نیز مشکلات زیست محیطی به وجود می‌آورند.

گاهی اوقات تایرهای دفن شده به سطح زمین باز می گردند و به این ترتیب خسارتهای پر هزینه ای به سیستم های جمع آوری مایع وارد می کنند. همچنین به قابلیت آنها برای جلوگیری از اختلاط آلاینده های دفن شده با آبهای زیر زمینی و سطحی نیز خدشه وارد می کند. قطعه تایرهایی که به طور غیر قانونی در ساختمان های متروکه و محوطه ها انباشته شده است خطرهای زیست محیطی و عمومی بیشتری را متوجه می شود چون تحقیقات صورت گرفته بر روی تایرهایی که بدین صورت جمع شده اند نشان می دهد که این تایر ها در هوای آزاد گازی به نام متان از خود متصاعد می کنند که گازی خطرناک است. مهمترین خطری که انباشتگی کنترل نشده مقادیر زیاد تایر ایجاد می کند، قابلیت آتش گیری آنهاست که برای محیط زیست بسیار زیان آور است. خاموش کردن آتشی که در توده های انبوه تایر ایجاد می شود اگر غیر ممکن نباشد کار آسانی نیست. گاهی ماه ها طول می کشد تا تمامی تایرها بسوزد و این امر دودهای غلیظ و مایعی سمی تولید می کند که می تواند آب زیرزمینی و سطحی محل را آلوده کند. اگر برای خاموش کردن آتش از آب یا کف استفاده شود، آلودگی هوا، آب، خاک شدیدتر نیز خواهد شد به همین دلیل گاهی اوقات اجازه می دهند که آتش تا سوختن تمام تایرها ادامه پیدا کند. بر اساس تحقیقات سازمان حفاظت محیط زیست فرونشاندن آتش هم مشکلات زیست محیطی ایجاد می کند.

ویژگی های جغرافیایی استان خوزستان

خوزستان یک استان در جنوب غرب ایران است که جنوب آن در کرانه خلیج فارس قرار دارد. گستره استان خوزستان ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع است و با جمعیتی برابر با ۴۷۱۰۵۰۹ نفر (۱۳۹۵) پنجمین استان پرجمعیت ایران می باشد. در سال ۱۳۰۳، مرکز استان خوزستان از شوشتر به اهواز منتقل شد و تا به امروز مرکز و بزرگترین شهر این استان می باشد. استان خوزستان در همسایگی خلیج فارس و اروندرود قرار دارد. این استان در جایگاه راهبردی و ترانزیتی واقع شده است. خوزستان، پس از استان تهران، دارای بالاترین میزان تولید ناخالص در میان استان های ایران می باشد. از نظر تاریخی، خوزستان یکی از قدیمی ترین مناطق قابل سکونت در فلات ایران است که پیشینه زندگی انسان در آن به ۲۷۰۰ سال پیش از میلاد مسیح و شکل گیری تمدن ایلام در هزاره سوم پیش از میلاد بازمی گردد.



شکل ۲- محل قرار گیری استان خوزستان روی نقشه

خوزستان از شمال با استان لرستان، شمال غرب با استان ایلام از شمال شرق و شرق با استان چهارمحال و بختیاری، از جنوب شرقی با استان کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با استان بوشهر و خلیج فارس و از غرب با کشور عراق همسایه است. استان خوزستان از شمال و شرق توسط رشته کوه های زاگرس احاطه شده است، با حرکت به سمت داخل استان از ارتفاع این کوه ها کاسته شده و جای خود را به تپه ماهورها می دهد. خوزستان شامل دو منطقه کوهستانی و جلگه ای است. دو پنجم کل مساحت این استان کوهستانی و سه پنجم آن جلگه ای می باشد. کوه چو، زردکوه، شلویش، آبندان، مامازاد، کوه سیاه و کوه چال، از جمله کوه های خوزستان هستند. جلگه خوزستان شیب کمی دارد و در برخی از نقاط آن گنبدهای نمکی موجود است که نقش عمده ای در شور کردن زمینها و آبها دارد.

رود دز از زاگرس مرکزی در ۲۰ کیلومتری شمال شرقی بروجرد نزدیکی چهاربره جریان می‌یابد از نزدیکی شهر اندیمشک می‌گذرد و پس از عبور از سد دز اندیمشک، از میان شهر دزفول می‌گذرد و سپس مرز شهرستانهای شوشتر و شوش را می‌سازد. رود دز در جنوب شهر شوشتر در محلی به نام بند قیر به کارون می‌ریزد. این رود با حجم بالای آب در طول تاریخ جریان حیاتی کشاورزی متمرکز در منطقه بوده است. رود مارون از کوه‌های راه باریک، سفید و گل گیلک در ۵۳ کیلومتری شمال غرب یاسوج سرچشمه می‌گیرد پس از تلاقی با رود اعلاء در چم هاشم با نام جراحی به راه خود ادامه می‌دهد و پس از مشروب کردن دشت رامهرمز و رامشیر و در کل پس از پیمودن مسافتی نزدیک به ۴۳۸ کیلومتر به خورموسی و خلیج فارس می‌ریزد. رود هندیجان یا زهره از کهگیلویه سرچشمه می‌گیرد و دو سرشاخه اصلی آن دو رود آب شیرین یا خیرآباد و آب شور یا شولستان است، این رود پس از گذر از هندیجان به خلیج فارس می‌ریزد.



رودهای بزرگ کارون، دز و کرخه، از اصلی ترین منابع آب های سطحی استان خوزستان هستند.



شکل ۴ - سد های استان خوزستان

شهرستان گتوند

گتوند شهری در استان خوزستان و مرکز شهرستان گتوند است. این شهر در سال ۱۳۹۵ حدود ۲۴۰۰۰ تن جمعیت داشته است. گتوند پیش از این در بخش گتوند شهرستان شوشتر قرار داشت که با ارتقاء بخش گتوند به شهرستان، تقسیمات کشوری آن نیز تغییر کرد. شهرستان گتوند یکی از شهرستان های استان خوزستان است. مرکز این شهرستان شهر گتوند است. این شهرستان در آخرین سرشماری، حدود ۷۴۰۰۰ تن جمعیت داشته است. شهرستان گتوند در شمال شهرستان شوشتر قرار دارد و دارای دو ناحیه مرکزی و عقیلی است. بخش عقیلی خاکی حاصلخیز دارد. رودخانه کارون از شهر گتوند می گذرد. همچنین گتوند دارای یک سد تنظیمی به نام سد گتوند و یک سد بزرگ برای تولید انرژی و ذخیره سازی آب بنام گتوند علیا است. آذر پربارش ترین ماه سال در گتوند است.



شکل ۵ - محل قرارگیری شهر گتوند در نقشه استان خوزستان

سد گتوند

سد گتوند بالا، یکی از بزرگ ترین سدهای موجود در ایران و بر روی رودخانه کارون است. این سد در فاصله ۳۸۰ کیلومتری از ریزشگاه رودخانه کارون، ۲۵ کیلومتری شمال شوشتر و ۱۰ کیلومتری شهر گتوند در استان خوزستان قرار دارد. این سد آخرین سد قابل احداث بر روی رودخانه کارون است. دریاچه این سد با مخزن ۴ میلیارد و ۷۰۰ میلیون مترمکعبی خود

دومین دریاچه مصنوعی بزرگ کشور (پس از سد کرخه) است. نظرات موافق و مخالف بسیاری در مورد این سد ارائه شده است. برخی آن را شاهکار مهندسی و بهبود دهنده کیفیت آب رود کارون در میان و بلند مدت و برخی آن را فاجعه و بمب نمکی ساعتی دانسته‌اند.



شکل ۶ - طول مخزن سد گتوند ۹۰ کیلومتر و ساحل دریاچه آن ۳۰۰ کیلومتر است.

شبکه های آبیاری گتوند (گتوند، عقیلی و دیمچه)

این شبکه ها جهت آبیاری اراضی سه منطقه ی گتوند، عقیلی و دیمچه، واقع در شمال و غرب شهرستان شوشتر طراحی و اجراء گردیده اند. آبیگری این شبکه ها از محل دریاچه سد تنظیمی - انحرافی گتوند، سدی که برای همین منظور بر روی رودخانه کارون احداث شده است می باشد. احداث این سد باعث گردیده تا سطح آب رودخانه در بالا دست و محل دریاچه سد به تراز بالاتری رفته و بر اراضی طرح مسلط شود و آبیاری آنها به صورت ثقلی انجام پذیرد.



شکل ۷ - شبکه های آبیاری گتوند (گتوند، عقیلی و دیمچه)

مطالعات اولیه طرح این شبکه ها توسط شرکت امریکایی جِستین گرتینی، طراحی و نظارت بر اجرای آنها توسط شرکت امریکایی هارزا (با مشارکت شرکت ایرانی فرمان فرمایان) و اجرای آنها توسط تعدادی شرکت ایرانی از قبیل: راپل (پیمانکار منطقه دیمچه شرقی و کوی کارگری)، فرکار (پیمانکار مناطق دیمچه غربی و عقیلی)، ملاوی (پیمانکار منطقه گتوند)، ملی ساختمان (پیمانکار اجرای سازه سد و احداث اداره مرکزی و کوی کارمندی)، نیر پارس (پیمانکار اجرای دریاچه ها و قسمت

های مکانیکال سد) و فرتیوپ (پیمانکار تأسیسات برقی سد) صورت گرفته است و همانگونه که ذکر گردید، عملیات احداث این شبکه ها، به همراه سد تنظیمی - انحرافی گتوند، در سال ۱۳۵۳ شروع و در سال ۱۳۵۵ خاتمه یافته است که بلافاصله پس از آن نیز مورد بهره برداری قرار گرفته اند.

تأسیسات آبیگری این شبکه ها شامل: سد تنظیمی - انحرافی گتوند و دو کانال اصلی گتوند و عقیلی، به ترتیب با ظرفیت آب گذری ۹۲ و ۱۲ متر مکعب در ثانیه که در بالا دست و طرفین سد، از محل دریاچه آن از رودخانه کارون منشعب می شوند می باشد. کانال های شرقی و غربی دیمچه که برای آبیاری اراضی منطقه دیمچه طراحی و احداث گردیده اند، نیز به ترتیب با ظرفیت آبگذری ۳۸ و ۴۳ متر مکعب در ثانیه، در انتهای کانال اصلی گتوند (کیلومتر ۴۶۴ + ۱۸) واقع و از آن منشعب می شوند. مساحت خالص اراضی تحت پوشش این شبکه ها بالغ بر ۳۴۰۰۰ هکتار بوده که از این میزان حدود ۳۵۰۰ هکتار آن زیر پوشش سه ایستگاه پمپاژ گتوند، پهونده و نگاز، با مجموع ظرفیت پمپاژ ۱۱/۸۵ مترمکعب در ثانیه قرار دارد. درجه حرارت منطقه معمولاً بین (+۳) تا (+۵۳) درجه سانتیگراد در نوسان بوده و میزان متوسط بارندگی سالانه ۳۲۴ میلیمتر می باشد. در جدول ۱ برخی از مشخصات ایستگاه های پمپاژ شبکه های آبیاری گتوند آورده شده است.

جدول ۱ - برخی از مشخصات ایستگاه های پمپاژ شبکه های آبیاری گتوند

نام ایستگاه پمپاژ	سطح اراضی تحت پوشش (هکتار)		تعداد پمپ	نوع پمپ	ارتفاع و هد پمپاژ (متر)	کل ظرفیت ایستگاه پمپاژ (L/S)	تعداد و ظرفیت پمپ ها		
	خالص	ناخالص					(L/S) 280	(L/S) ۵۵۰	(L/S) ۱۱۰۰
گتوند	۹۵۰	۱۲۵۰	۵	عمودی	۰۵-Apr	۲۲۱۰	۲	۳	—
دیمچه (پهونده)	۱۱۶۰	۱۴۰۰	۶	شناور	۰۶-May	۴۶۸۰	۱	۲	۳
نگاز	۱۴۰۵	۱۶۰۰	۷	۲ عدد شناور	۰۷-May	۴۹۶۰	۲	۲	۱ + ۲
				۵ عدد عمودی					

مواد و روش ها

نمونه برداری و تجزیه نمونه ها

نمونه برداری از شبکه آبیای سد گتوند در فروردین ماه سال ۱۴۰۳ انجام شد. نقاط در ابتدا با توجه به محل سد تنظیمی - انحرافی گتوند و دو کانال اصلی گتوند و عقیلی به عنوان نقاط با بیشینه پتانسیل آلودگی، و در ادامه جهت بررسی دامنه انتقال آلودگی و تاثیر فاصله گرفتن از صنایع، در طول کانال های شرقی و غربی دیمچه انتخاب شدند. نمونه برداری از آب و رسوبات با استفاده از بیلچه پالستیکی و چنگک فوالدی ضد زنگ ون وین (Van Veen Grab) انجام شد. نمونه های برداشت شده جهت بررسی میکروپلاستیک به آزمایشگاه مرکز زمین پزشکی دانشگاه شیراز منتقل شد. نمونه ها در دمای اتاق خشک و توسط هاون چینی همگن شدند. بخشی از نمونه ها برای تعیین غلظت میکرو پلاستیک ها از الک ۳ میلیمتر عبور داده شد. برای شناسایی و شمارش ذرات میکروپلاستیک ابتدا لازم است که این ذرات از نمونه ها استخراج شوند. از آنجا که وزن مخصوص ذرات میکروپلاستیک موجود در نمونه ها بیشتر از چگالی آب دریا (۱,۰۲ گرم بر سانتی متر مکعب) و کمتر از ذرات رسوب (۲,۶-۲,۴۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) است (Alomar et al., ۲۰۱۶; Stolte et al., ۲۰۱۵). برای جداسازی آنها از ذرات رسوب معمولاً از روش جدایش چگالشی استفاده میشود. برای استخراج میکروپلاستیک حدود ۲۰۰ گرم رسوب جدا شد. سپس از هیدروژن پراکسید برای حذف مواد آلی رسوب استفاده شد. پس از گذشت حدود ۱۰ شبانه روز و از بین رفتن مواد

آلی رسوب میتوان وارد مرحله بعد شد. وزن مخصوص محلول NaI برای جدا کردن بیشتر پلاستیکها کافی است. در مرحله اول، ۲۰۰ گرم نمونه رسوب با ۱۰۰ میلیلیتر محلول NaI با چگالی ۱٫۶ گرم بر سانتیمتر مکعب پوشانده شد. مخلوط به دست آمده ابتدا ۲۰ ثانیه با دست و سپس ۵ دقیقه با لرزاننده (Shaker) با سرعت ۳۵۰rpm همزده میشود. پس از ۱٫۵ ساعت استراحت و ته نشین شدن رسوبات، محلول شفاف بالای آن به مدت سه دقیقه و با دور ۴۰۰۰rpm سانتریفیوژ میشود. محلول به دست آمده، از کاغذ فیلتر S&S با اندازه کوچکتر از ۲ میکرومتر عبور داده میشود. تمام مراحل دستور کار دو بار دیگر تکرار شده و در پایان کاغذ فیلتر با آب مقطر شسته میشود. کاغذ فیلتر حاوی میکرو پلاستیکها در دمای اتاق خشک شد و در نهایت به پتری دیش منتقل میگردد.



شکل ۸- موقعیت ایستگاه های نمونه برداری

پس از استخراج میکروپلاستیک با روشهای ذکر شده، در ابتدا برای شمارش میکرو پلاستیکها از میکروسکوپ دوچشمی نوری استفاده میشود. میکرو پلاستیکها زیر میکروسکوپ ویژگیهایی دارند که عبارتند از رنگ مات، زیر سوزن نباید بشکند یا پودر شود، رنگ یکنواخت و همگن داشته باشد، اندازه آنها به صورت یکنواخت باشد، پیچ خوردگی و تاب خوردگی نداشته باشند و بسیاری موارد دیگر. حال برای اطمینان بیشتر از اینکه این قطعات شناسایی شده واقعا پلاستیک هستند از میکروسکوپ پلاریزان، میکروسکوپ فلورسانس، EDX/SEM استفاده میکنند. بسیاری از میکروپلاستیکها از خود خاصیت فلورسانس و پلاریزان نشان میدهند و به راحتی میتوان ذراتی که به اشتباه به عنوان میکروپلاستیک انتخاب شده اند از لیست شمارش شده ها حذف کرد. با استفاده از EDX نیز میتوان به پلاستیک بودن قطعات مورد بررسی تا حدودی اطمینان حاصل کرد. به عنوان مثال وقتی عنصر کربن در این قطعات زیاد باشد، میتواند گویای این قضیه باشد که به احتمال زیاد این قطعه میکروپلاستیک است. همچنین برای شناسایی ترکیب شیمیایی قطعات میکروپلاستیک از میکرو FTIR و میکرو رامان نیز استفاده میشود که نشان میدهد این قطعات مثلا پلی اتیل، پلی استایرن، PVC یا موارد دیگر است. جزئیات کامل استخراج و شناسایی این ذرات در مطالعات استولت و همکاران و عباسی و همکاران آورده شده است (Stolte et al., ۲۰۱۵; Abbasi et al., ۲۰۱۷; ۲۰۱۸; ۲۰۱۹).

در پایین دست سد تنظیمی گتوند، شهر گتوند واقع شده که تمامی فاضلاب انسانی این شهر به صورت خام وارد رودخانه کارون می شود. همچنین پساب کشاورزی این شهر و روستاهای اطراف آن نیز مستقیماً وارد کارون می شود. آلاینده های سد گتوند تا بند میزان شوشتر شامل:

- زهکش گتوند - زهکش ترکالکی - زهکش جنت مکان - زهکش پایین دست جنت مکان - رودخانه شورعقیلی



شکل ۹- ورود پسابهای کشاورزی به شبکه آبیاری سد گتوند

- ورود پسابهای کشاورزی در منطقه ترکالکی به یک کانال روباز که به رودخانه کارون منتهی می شود آلاینده های رودخانه گرگر شامل:
- فاضلاب شهرستان شوشتر و روستاهای اطراف - پساب حوضچه های پرورش ماهی



شکل ۱۰- ورود پساب استخرهای پرورش ماهی به شاخه گرگر رودخانه کارون

آلاینده های رودخانه شطیط شامل:

- فاضلاب های شهرستان شوشتر و پساب های کشت و صنعت کارون و امام خمینی (ره) آلاینده های رودخانه دز شامل:

- فاضلاب‌های روستایی - پساب زمین‌های کشاورزی - پساب‌های کشت و صنعت کارون، هفت‌تپه، میان‌آب و امام خمینی (ره)

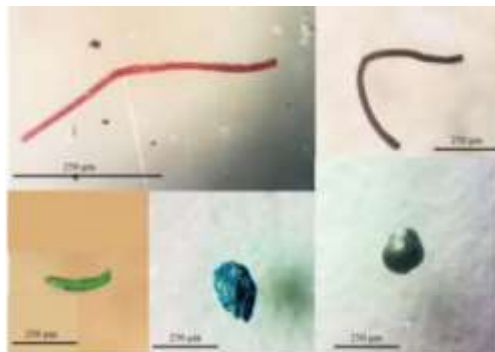
آلاینده‌های محدوده شهرهای ملاتانی تا اهواز شامل:

- فاضلاب‌های شهری - پساب‌های کشاورزی - پساب‌های صنعتی

بررسی‌های نشان می‌دهد، آبی که با درجه شوری مطلوب (مناسب برای آشامیدن) از سد گتوند رهاسازی می‌شود، به علت ورود آلاینده‌های متعدد در پایین‌دست سد به آن، به آبی بی‌کیفیت و شور در شهرهای پایین‌دست تبدیل می‌شود. در واقع اگر آب مقطر نیز از سد گتوند به سمت پایین‌دست رهاسازی شود، درجه شوری آب کارون در شهر اهواز به بیش از ۳۰۰۰ واحد خواهد رسید.

نتایج و بحث

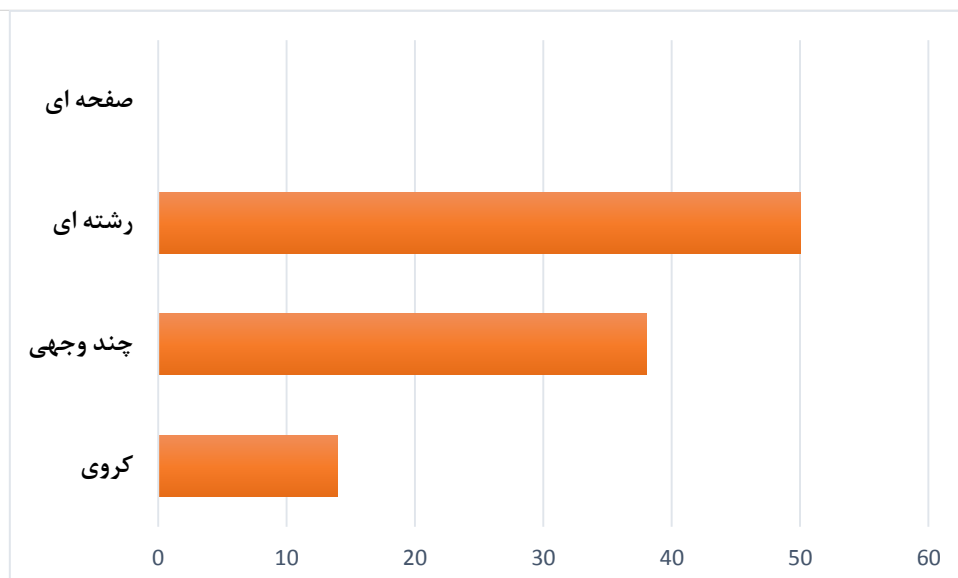
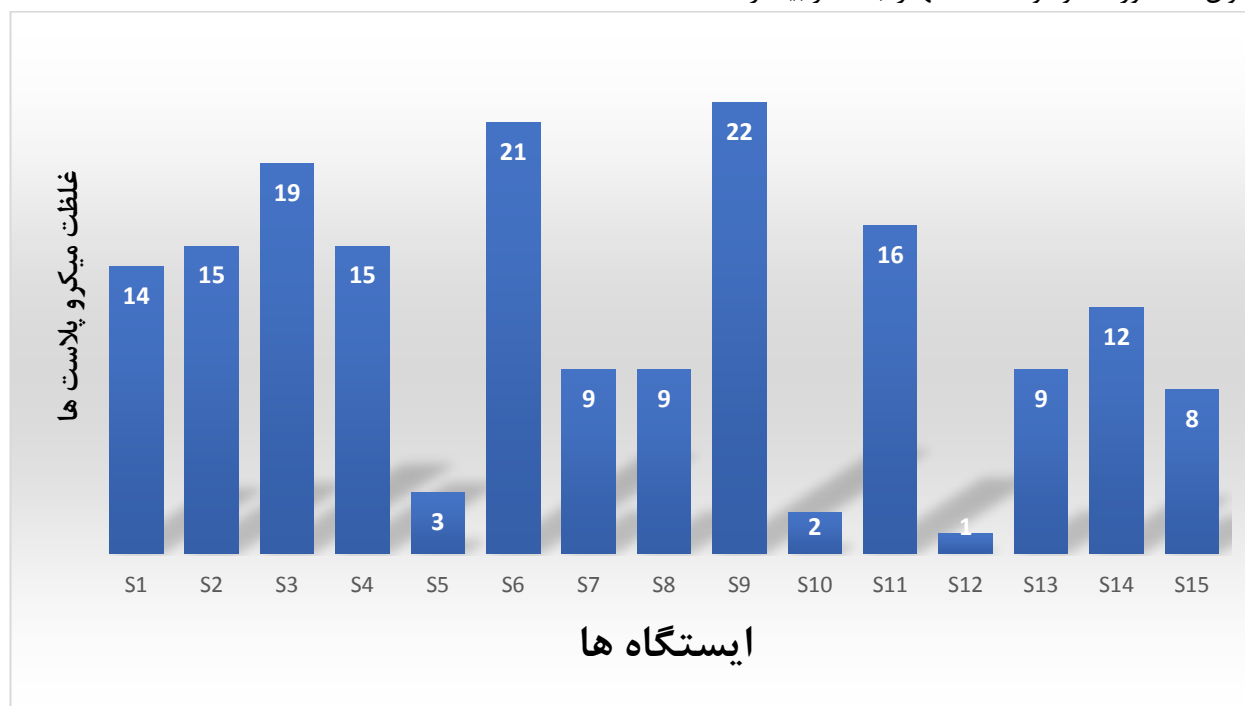
تصاویر مربوط به میکرو پلاستیک‌های یافت شده در نمونه‌های برداشت شده در شکل‌های ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۴۹ درصد از میکرو پلاستیک‌های یافت شده رشته ای، ۳۲ درصد چندوجهی و ۱۴ درصد کروی هستند (شکل ۳). یکی از دلایل بیشتر بودن ذرات میکروپلاستیک رشته ای می‌تواند استفاده از تورهای ماهیگیری و طناب‌ها باشد (Gallagher et al., ۲۰۱۶). بر اساس مطالعات صورت گرفته نشان داده شده است که اغلب ذرات رشته ای در مناطق شهری به محیط آزاد میشوند، در حالی که ذرات کروی و چندوجهی بیشتر در مناطق صنعتی می‌توانند تولید شوند (۲۰۱۹ al et Abbasi). مطالعات مختلف نشان داده اند که با هر بار شستشوی پوشاک‌هایی که با الیاف پلاستیکی تولید شده اند، حدود ۲۰۰۰ قطعه میکروپلاستیک رشته ای به محیط آزاد می‌شود (Duis and Coors, ۲۰۱۶; Frias et al., ۲۰۱۶; Zalasiewicz et al., ۲۰۱۶). با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه چندین واحد صنعتی وجود دارد احتمال آزادسازی این ذرات در این صنایع نیز وجود دارد. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که در رسوبات و آب شبکه آبیاری سد گتوند آلاینده‌هایی از جمله عنصر جیوه با غلظتهایی بسیار زیاد وجود دارد (Lahijanzadeh et al., ۲۰۱۹). حضور طولانی مدت آلاینده‌های آلی و غیرآلی در این منطقه باعث نفوذ این آلاینده‌ها در موجودات زنده از جمله گونه‌های مختلف (کفزی و سطحزی) ماهی‌ها و دوکفه‌ای‌ها شده است (Keshavarzi et al., ۲۰۱۸; Lahijanzadeh et al., ۲۰۱۹). این به خوبی نشان می‌دهد که آلاینده‌ها به احتمال زیاد وارد چرخه غذایی انسان‌های بومی آن منطقه شده است. باید توجه داشت که خاصیت جذب و واجذب ذرات میکروپلاستیک به آلاینده‌های آلی و غیر آلی می‌تواند زیست دسترس پذیری آلاینده‌ها را به موجودات زنده افزایش دهد و حتی این آلاینده‌ها را تا مسافتهایی طولانی انتقال دهند (Bakir Adil., ۲۰۱۲). ضمن اینکه در مطالعه ای که عباسی و همکاران در سال ۲۰۱۸ انجام دادند، ذرات میکروپلاستیک را در اندام‌های مختلف گونه‌های مختلف ماهی و میگو مشاهده کردند (al et Abbasi., ۲۰۱۸). بنابراین حضور ذرات میکروپلاستیک در آب، با توجه به تاثیر شدید در آبیاری اراضی کشاورزی و انتقال آلاینده‌ها به محصولات کشاورزی، بسیار حائز اهمیت است.

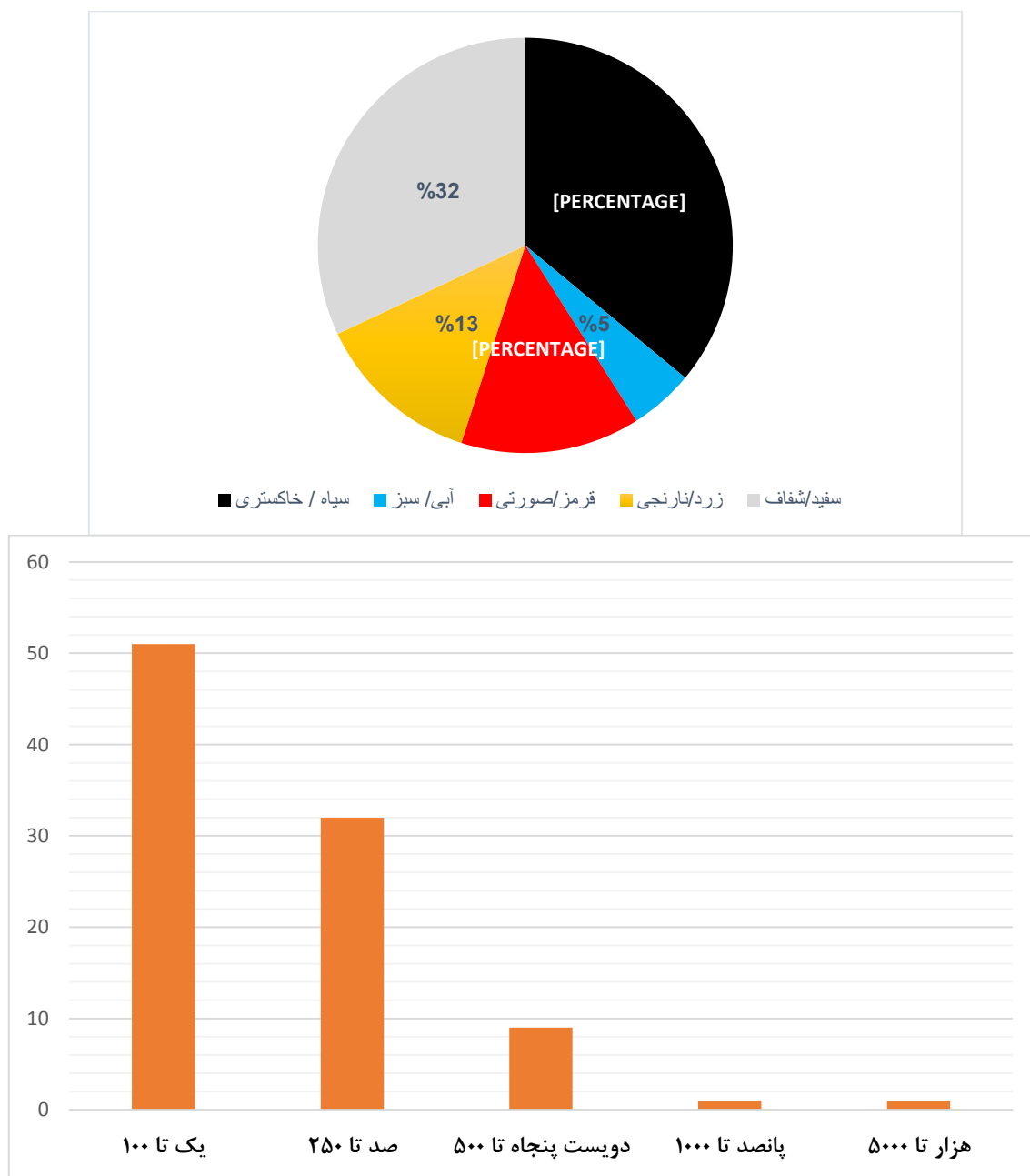


شکل ۱۱- تصاویر مربوط به ذرات میکروپلاستیک موجود در نمونه با استفاده از میکروسکوپ دوچشمی نوری

رنگ غالب میکرو پلاستیک‌های یافت شده سفید/شفاف و سیاه/خاکستری است که به ترتیب ۳۲ و ۳۶ درصد از کل میکرو پلاستیک‌ها را تشکیل می‌دهند. همچنین حدود ۱۳، ۱۴ و ۵ درصد از میکرو پلاستیک‌ها به ترتیب زرد/نارنجی، قرمز/صورتی و

آبی/سبز است. با توجه به اینکه اغلب پلاستیکهای تولید شده توسط بشر اغلب سفید و سیاه هستند، مشاهده چنین نتایجی مبنی بر غالب بودن این دو رنگ در هر محیطی دور از انتظار نیست (شکل ۳). به طور کلی تنوع رنگها نشان دهنده منابع مختلف آزادسازی میکرو پلاستیکها به محیط زیست است (Gallagher al et., ۲۰۱۶). رنگی بودن ذرات میکروپلاستیک خطری بالقوه برای موجودات زنده هستند، چرا که میکرو پلاستیکهای کوچک و رنگی ممکن است توسط آبزیان و پرندگان به عنوان غذا خورده شود و سلامت آنها را به خطر بیندازد (al et Costa., ۲۰۱۰).





شکل ۱۲ - غلظت و خصوصیات ظاهری ذرات میکروپلاستیک یافت شده

همانطور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است بیشترین درصد میکرو پلاستیک‌ها به ذرات میکرو پلاستیک‌ها با اندازه کمتر از ۱۰۰ میکرومتر مربوط است. ذرات میکروپلاستیک با اندازه‌های بسیار کوچک را میتوان بسیار بیشتر از مقدار گزارش شده در نظر گرفت. زیرا تشخیص این ذرات بسیار سخت و گاهی غیرقابل شمارش هستند. به طور کلی حدود ۵۲،۳۳،۸ و ۳ درصد از میکرو پلاستیک‌ها به ترتیب مربوط به ذرات میکروپلاستیک با اندازه‌های کمتر ۱۰۰، از ۱۰۰ تا ۲۵۰، از ۲۵۰ تا ۵۰۰، از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و از ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر است. بدیهی است که هر چه اندازه ذرات میکروپلاستیک کوچکتر باشد، سطح ویژه آنها افزایش یافته و قدرت جذب زیادتری خواهد داشت. بنابراین، با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه، ذرات میکروپلاستیک کوچکتر از ۱۰۰ میکرومتر غالب هستند، پتانسیل جذب آلاینده‌ها و افزایش زیست دسترس پذیری وجود دارد. میانگین غلظت ذرات میکروپلاستیک در منطقه مورد مطالعه ۱۱،۶۷ عدد در ۲۵۰ گرم است. بیشینه غلظت آن ۲۲ عدد در ایستگاه S۹ و کمینه آن ۱ عدد در ایستگاه S۱۲ است. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، به طور کلی این گستره از غلظت ذرات میکروپلاستیک در شبکه آبیاری سد گتوند بیشتر از برخی از ایستگاه‌های رسوب دریای برینگ شمالی و

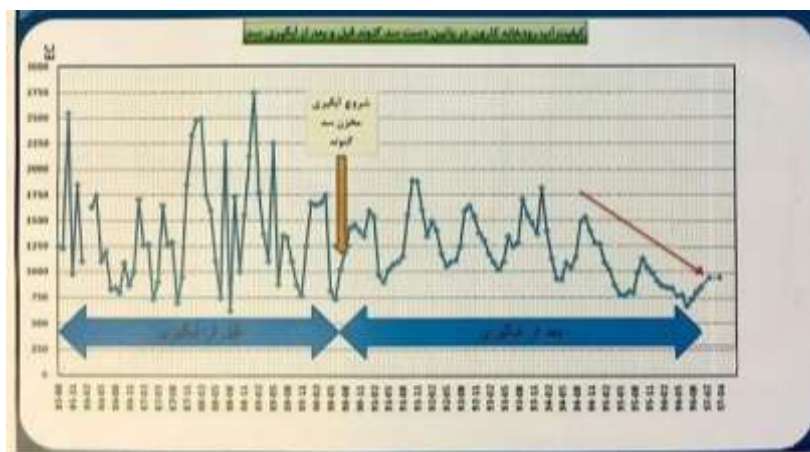
کوکچی (Northern Bering and Chukchi Seas) در چین است (از ۰ تا ۶۸ عدد میکروپلاستیک) (Mu et al., ۲۰۱۹). در صورتی که غلظت ذرات میکروپلاستیک در شبکه آبیاری سد گتوند خوزستان از بسیاری از مناطق کمتر می‌باشد. برای نمونه میتوان به رسوبات سواحل تامیل نادو Tamil Nadu در هند (از ۳۳ تا ۴۳۹ عدد)، سواحل بندرعباس در ایران (۳۳ تا ۴۳۹ عدد)، خلیج تامپا در فلوریدا (۲۸۰ تا ۲۹۰ عدد)، سواحل لبنانیز (حدود ۲۰۰۰ عدد) در لبنان و بسیاری مناطق دیگر می‌باشد (Sathish McEachern et al., ۲۰۱۹; McEachern et al., ۲۰۱۹; Yazdani Foshtomia; kazour et al., ۲۰۱۹; Abbasi et al., ۲۰۱۹). بر اساس مطالعه عباسی و همکاران (۲۰۱۹)، نشان داده شده است که غلظت ذرات میکروپلاستیک در خلیج فارس از ۲ تا ۱۴۲ عدد می‌باشد که نشان دهنده غلظت تقریباً مشابه آن در شبکه آبیاری سد گتوند است. لازم به ذکر است که غلظت میکرو پلاستیک‌ها در ایستگاه های S1-S2-S3- S4,S6,S9,S11,S13,S14 بیشتر از ایستگاه های دیگر است. در صورتی که ایستگاه های S10,S5,S12 کمترین غلظت را از میان دیگر ایستگاه ها دارند. با توجه به این نتایج و موقعیت نقاط نمونه برداری در شکل ۱ میتوان دریافت که هر چه نقاط نمونه برداری به مناطق شهری و صنعتی نزدیکتر میشود، غلظت این آلاینده افزایش مییابد و برعکس، با فاصله گرفتن از این مناطق غلظتها کاهش مییابد.

در مطالعات مختلف برای اندازه گیری غلظت ذرات میکروپلاستیک از مقادیر مختلفی نمونه استفاده میشود و در نتیجه، مقایسه پژوهشهای مختلف به دلیل نبود واحدی استاندارد برای اندازه گیری و بیان فراوانی میکرو پلاستیک‌ها دشوار می‌باشد (Duis and Coors, ۲۰۱۶). بنابراین در این مطالعه برای این منظور واحدهای هر مطالعه ذکر شد. به طور کلی توزیع گسترده ای از آلودگی ذرات میکروپلاستیک در رسوبات دریایی گزارش شده است. به عنوان مثال در مطالعه ناجی و همکاران غلظت میکروپلاستیک در رسوبات خلیج فارس از ۳۶ تا ۱۲۵ عدد در یک کیلوگرم رسوب گزارش شده است (Naji et al., ۲۰۱۷).

همچنین در مطالعه ای که عباسی و همکاران بر عناصر بالقوه سمناک، هیدروکربنهای آروماتیک چندحلقه ای و میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات حاشیه خلیج فارس انجام دادند نشان داده شد به صورت میانگین غلظت میکرو پلاستیک‌ها ۴۷,۲۵ عدد در ۲۰۰ گرم رسوب است. گرچه در این مطالعه کمینه و بیشینه غلظت میکرو پلاستیک‌ها از ۲ تا ۱۴۲ عدد در ۲۰۰ گرم رسوب است و غلظت ذرات میکروپلاستیک در نزدیکی منطقه مورد مطالعه ۲۵ عدد در ۲۰۰ گرم رسوب گزارش شده است (Abbasi et al., ۲۰۱۹).

کمینه و بیشینه تعداد میکرو پلاستیک‌های گزارش شده در رسوبات بلژیک (Claessens et al., ۲۰۱۱)، دریای مدیترانه (Alomar et al., ۲۰۱۶)، آلمان (Dekiff et al., ۲۰۱۴)، جزایر فریسن هلند (Liebezeit and Dubaish, ۲۰۱۲)، پرتغال (Frias et al., ۲۰۱۶)، و چین (Yu et al., ۲۰۱۶) به ترتیب شامل ۵۲,۸ تا ۲۱۳,۴ عدد در یک کیلوگرم رسوب، ۰,۱ تا ۰,۹ عدد در یک گرم رسوب، ۲۸ تا ۲۴۱ عدد در یک کیلوگرم رسوب، ۱ تا ۶۳۵ عدد در ده گرم رسوب، ۰ تا ۰,۲۷ عدد در یک گرم رسوب و ۱۰۳ تا ۱۱۸ عدد در یک کیلوگرم رسوب است. همانطور که مشاهده میشود غلظت ذرات میکروپلاستیک در شبکه آبیاری در برخی از مناطق بیشتر، کمتر و یا تقریباً برابر است.

رودخانه های شور، مثل شورعقبلی، پیش از وجود سد گتوند نیز وجود داشتند. همچنین کشت و صنعت های حاشیه رودخانه کارون نیز پیش از بهره برداری از سد گتوند، پساب خود را به این رودخانه سرازیر می کردند. از اینرو، بهره برداری از سد گتوند با مدیریت مخزن و عبور آب از ترازهای مختلف سد، باید به بهبود شرایط رودخانه حداقل در محل سد تنظیمی گتوند منجر شده باشد که آمار، این ادعا را اثبات می کند.



شکل ۱۳ - مقایسه کیفیت آب در مقطع سد گتوند

بر اساس آمار سازمان آب و برق خوزستان و مجموعه وزارت نیرو، EC آب رودخانه کارون تا سد مسجد سلیمان در دامنه ۷۰۰-۵۰۰ میکروموس بر سانتی متر قرار دارد. اما رودخانه کارون از محل سد مسجد سلیمان تا محل سد گتوند در ۶ نقطه سازند گچساران را قطع نموده و علاوه بر آن از چشمه ها و رودخانه های حدفاصل مسجد سلیمان تا محل سد گتوند نیز به طور میانگین حدود ۳۰ مترمکعب آب در ثانیه با EC متوسط ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر وارد آن می شود، به همین علت EC آب رودخانه کارون در محل سد تنظیمی گتوند (پیش از احداث سد) در دامنه ۶۰۰ تا ۲۷۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در فصول مختلف متغیر بوده است.

با بهره برداری از سد گتوند، با رعایت اصول مدیریت مخزن و همچنین حرکت طبیعی آب شور با چگالی بالاتر نسبت به آب شیرین به سمت کف مخزن، کیفیت خروجی آب از محل سد تنظیمی گتوند همواره زیر ۲۰۰۰ بوده و با کاهش نرخ انحلال نمک در مخزن سد، این رقم به زیر ۱۰۰۰ رسیده است.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ذرات میکروپلاستیک در رسوبات شبکه آبیاری سد گتوند حضور دارند و اغلب این ذرات رشته ای و با اندازه هایی کمتر از ۱۰۰ میکرومتر هستند. این به معنای زیاد بودن ظرفیت جذب این ذرات برای آلاینده ها می باشد. از طرفی غلظت ذرات میکروپلاستیک در نزدیکی مناطق شهری و صنعتی زیاد بوده و با نزدیک شدن به اراضی پایین دست غلظت ها کاهش می یابد. باید توجه داشت که آلاینده ها می توانند توسط این ذرات جذب سطحی شده و انتقال پیدا کنند. همچنین رنگهای مختلف ذرات میکروپلاستیک باعث میشود که توسط آبریان به اشتباه به عنوان غذا مصرف شوند و علاوه بر خود ذرات میکروپلاستیک، آلاینده های بسیاری را نیز وارد بدن جانداران کنند. میکروپلاست ها به عنوان یک تهدید جدی برای محیط زیست و سلامت انسان شناخته می شوند. این ذرات کوچک اما مضر، از منابع مختلفی وارد طبیعت شده و در هوا، آب و خاک پراکنده می شوند. تحقیقات نشان داده اند که میکرو پلاستیک ها می توانند اثرات منفی زیادی بر حیات دریایی، اکوسیستم های زمینی و سلامت انسان داشته باشند. برای مقابله با این مشکل جهانی، اقدامات فردی، صنعتی و دولتی باید به صورت هماهنگ انجام شوند. کاهش استفاده از پلاستیک های یک بار مصرف، استفاده از محصولات جایگزین، توسعه فناوری های تصفیه آب و تصویب قوانین محدودکننده از جمله راهکارهایی هستند که می توانند به کنترل این بحران کمک کنند. در نهایت، آگاهی رسانی و تغییر سبک زندگی می تواند نقش مهمی در کاهش انتشار میکرو پلاستیک ها ایفا کند. هر فرد می تواند با انتخاب های آگاهانه و پایبندی به اصول پایداری محیط زیست، در کاهش این آلودگی جهانی سهمی داشته باشد. بنابراین استقرار کارخانه لاستیک سازی که خود باعث ایجاد یا انتقال این آلاینده ها می شود در این منطقه اصلاً پیشنهاد نمی شود و بسیار خطرناک و کشنده خواهد بود لذا استقرار کارخانه لاستیک سازی در این منطقه باید ممنوع اعلام شود.

نوآوری در طراحی تایرها، مانند جایگزینی مواد مضر با گزینه‌های پایدارتر، می‌تواند اثرات زیان‌بار را کاهش دهد. همچنین، ایجاد هیئت جهانی از متخصصان علمی و سیاست‌گذاری، مشابه گروه‌هایی که در حوزه‌ی تغییرات اقلیمی (هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم) یا تنوع زیستی (سکوی بین‌دولتی سیاست‌گذاری علمی درباره تنوع زیستی و خدمات بوم‌سازگان) کار می‌کنند، می‌تواند تلاش‌های پژوهشی و نظارتی را هماهنگ کند.

همچنین، شناخت ذرات تایر به‌عنوان نوعی آلودگی مستقل نیز اهمیت بالایی دارد. این ذرات، کنش و ترکیبات متفاوتی در محیط نسبت به سایر میکرو پلاستیک‌ها دارند و بدین ترتیب، چالش‌های سم‌شناختی خاصی ایجاد می‌کنند. هر سال بیش از دو میلیارد تایر تولید می‌شود و خودروهای سنگین‌تری وارد جاده‌ها می‌شوند. اگر به این مشکل توجه نشود، اثرات زیست‌محیطی نیز افزایش خواهد یافت.

اقداماتی مانند مالیات مبتنی بر وزن خودروها و طراحی تایرهای پایدار، نه تنها آلودگی ناشی از تایرها را کاهش می‌دهد، بلکه به ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل سازگار با محیط‌زیست نیز کمک می‌کند. در ناحیه اطراف ایستگاه S9 به هیچ عنوان نباید در بین گزینه‌های مکان برای تاسیس کارخانه باشد. طبق نتایج پژوهش مناطق نزدیک به ایستگاه S12 می‌تواند کاندیدای مناسبی باشد.

پیشنهادهای کاربردی

- توسعه مواد زیست‌تجزیه‌پذیر: تولید و استفاده از پلیمرهای طبیعی به‌عنوان جایگزین پلاستیک‌های معمولی می‌تواند انتشار میکرو پلاستیک‌ها را کاهش دهد.
 - بهبود فرایندهای تصفیه فاضلاب: تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نقش مهمی در حذف میکرو پلاستیک‌ها از آب دارند. بهبود تکنولوژی‌های فیلتراسیون می‌تواند مانع ورود این ذرات به منابع آبی شود.
 - استفاده از تایرهای کم‌سایش: توسعه لاستیک‌های سازگار با محیط زیست و کاهش تولید ذرات ناشی از سایش می‌تواند یکی از راهکارهای مهم در کنترل آلودگی باشد.
 - ممنوعیت استفاده از میکروپلاستیک در محصولات آرایشی و بهداشتی: بسیاری از کشورها قوانینی را برای ممنوعیت استفاده از این مواد تصویب کرده‌اند که می‌تواند نقش مهمی در کاهش آلودگی ایفا کند.
 - ترویج سیستم‌های بازیافت پیشرفته: دولت‌ها می‌توانند با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید بازیافت، میزان ورود پلاستیک‌های غیرقابل بازیافت به طبیعت را کاهش دهند.
 - حمایت از تحقیقات و نوآوری‌ها: توسعه روش‌های جدید برای جایگزینی پلاستیک‌ها و کاهش تولید زباله‌های پلاستیکی از طریق حمایت‌های دولتی و دانشگاهی می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند.
- محققان از جنبه نوآوری‌های زیست‌محیطی در حال آزمایش تولید نوعی لاستیک از ریشه قاصدک و با استفاده از روغن سویا هستند تا مواد طبیعی به‌کار رفته در تایر اتومبیل‌ها را افزایش دهند.
- با این حال مقابله با آلودگی ناشی از تایر خودروها به مقررات سختگیرانه‌تری نیاز است. به این ترتیب قوانین جدید «یورو ۷» سال ۲۰۲۵ در اتحادیه اروپا نخستین استانداردهای آلاینده‌گی در جهان خواهد بود که محدودیت‌هایی را برای انتشار ذرات از ترمزها و انتشار میکروپلاستیک از لاستیک‌ها تعیین می‌کند. این استانداردها در مورد وسایل نقلیه الکتریکی نیز اعمال می‌شود که تایرهای آن‌ها به دلیل وزن سنگین‌تر، آلاینده‌های بیشتری تولید می‌کنند.

منابع

۱. اسلامی هادی، مهدوی معصومه، بیاتی نژاد ساقی. اثرات سلامتی حضور میکرو پلاستیک‌ها در منابع آبی و محصولات غذایی: یک مرور روایی. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان. ۱۴۰۳؛ ۲۳ (۱۰): ۹۳۲-۹۴۳.
۲. لاهیجان زاده، احمدرضا، محمدی روزبهانی، مریم، سبزی‌علی پور، سیما، و نبوی، سیدمحمدباقر. (۱۳۹۹). بررسی وضعیت ذرات میکروپلاستیک در رسوبات خور موسی در خلیج فارس. اقیانوس شناسی، ۱۱ (۴۳)، ۲۵-۱۷. <https://sid.ir/paper/SID.۹۵۴۱۱۸/fa>

۳. قلی‌زاده، محمد، صابری، فاطمه و حاتمی، دنیا. (۱۴۰۳). فراوانی و توزیع مکانی ذرات میکروپلاستیک در رسوبات رودخانه خرمارود، استان گلستان. مجله علمی شیلات ایران، ۳۳(۱)، ۲۹-۴۰. doi: ۱۰.۲۲۰۹۲/۱۳۱۲۰۴/isfj.۲۰۲۴
۴. قنبری تپه‌نورالدین، فتائی ابراهیم، ناجی ابوالفضل، ایمانی علی اکبر، ناصحی فاطمه. (۱۴۰۱). تعیین فراوانی، توزیع و ترکیب میکروپلاستیک در آب رودخانه قره‌سو اردبیل. سلامت و بهداشت؛ ۱۳ (۲): ۱۹۹-۲۱۲.
۵. کاظمی درسنگی، رضا، علی جانپور، سکینه، نعیمی، اکرم سادات، شیرنگی، سیده آیناز و ابرقوئی، صفورا. (۱۴۰۳). بررسی آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات رودخانه سفیدرود استان گیلان. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۳(۳)، ۱۹۷-۲۰۹. doi: ۱۰.۲۲۰۶۹/japu.۱۸۱۸/۲۱۷۶۷، ۲۰۲۴
۶. بهمنش، مکرمه، چمنی، عاطفه، و چاوشی، الهام. (۱۴۰۱). بررسی حضور فراوانی و ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها در رسوبات رودخانه زاینده‌رود. محیط زیست و توسعه‌فرابخشی، ۷(۷۶)، ۷۴-۸۹. <https://sid.ir/paper/fa1044865SID>
۷. مسعودی، ابراهیم، هدایتی، علی اکبر، باقری، طاهره، سلاطی، امیرپرویز، صفری، رقیه، قلی‌زاده، محمد و ذاکری، محمد. (۱۴۰۰). بررسی آلودگی میکروپلاستیک در ماهیان حوضه رودخانه قره‌سو، استان گلستان. مجله علوم آبی‌پروزی، ۹(۲)، ۱۰۸-۱۱۵.
۸. علویان‌پطروودی، سمیه سادات، و هاشمی، سیدحسین. (۱۴۰۰). تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مسیری برای ورود میکروپلاستیک‌ها به محیط زیست: بررسی لجن و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب ساری. مهندسی عمران امیرکبیر (امیرکبیر)، ۵۳(۹)، ۳۷۵۱-۳۷۶۲. <https://sid.ir/paper/fa1008475SID>
9. Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Delshab, H., Soltani, N., Sorooshian, A., ۲۰۱۷. Investigation of microrubbers, microplastics and heavy metals in street dust: a study in Bushehr City, Iran. *Envir. Earth Sci.* ۷۶, ۷۹۸. <https://doi.org/10.1007/s-017-12665-0-7137>
10. Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Shojaei, N., Sorooshian, A., Soltani, N. and Delshab, H., ۲۰۱۹. Geochemistry and environmental effects of potentially toxic elements, polycyclic aromatic hydrocarbons and microplastics in coastal sediments of the Persian Gulf. *Environmental Earth Sciences*, ۷۸(۱۵), p.۴۹۲
11. Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, F. J., Dominguez, A. O., et al. (۲۰۱۹). Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. *Environmental Pollution*, ۲۴۴, ۱۵۳-۱۶۴.
12. Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Hassanaghaei, M., 2018. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa estuary, Persian Gulf. *Chemosphere* 205, 80-87.
13. Ahmadreza Lahijanzadeh, Maryam Mohammadi Rouzbahani, Sima Sabzalipour, Seyed Mohammad Bagher Nabavi., 2019. Ecological risk of potentially toxic elements (PTEs) in sediments, seawater, wastewater, and benthic macroinvertebrates, Persian Gulf. *Mar. Pollut. Bull.*
14. Alomar, C., Estarellas, F., & Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine environmental research*, 115, 1-10.
15. Alomar, C., Estarellas, F., & Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine environmental research*, 115, 1-10.
16. Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008.
17. Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.

18. Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic- an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated environmental assessment and Management*, 3(4), 559-561.
19. Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., Janssen, C.R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine pollution bulletin*, ۶۲, ۲۱۹۹- ۲۲۰۴.
20. Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62, 2588-2597.
21. Costa, M.F., Ivar do Sul, J.A., Silva-Cavalcanti, J.S., Araujo, M.C., Spengler, A., Tourinho, P.S. (2010). On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental monitoring and assessment*, 168, 299- 304.
22. de Carvalho, D.G., Baptista Neto, J.A. (2016). Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 128, 10-17.
23. Dekiff, J.H., Remy, D., Klasmeier, J., Fries, E. (2014). Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environmental pollution*, 186, 248-256.
24. Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 2.
25. Farrell, P., Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental pollution*, 177, 1-3.
26. Frias, J.P., Gago, J., Otero, V., Sobral, P. (2016). Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine environmental research*, 114, 24-30.
27. Frias, J.P., Gago, J., Otero, V., Sobral, P. (2016). Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine environmental research*, 114, 24-30.
28. Gallagher, A., Rees, A., Rowe, R., Stevens, J., Wright, P. (2016). Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: An initial assessment. *Marine pollution bulletin*, 102, 243-249.
29. Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., & Amara, R. (2019). Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples. *Science of the Total Environment*, 696, 133933.
30. Keshavarzi, B., Hassanaghaei, M., Moore, F., Mehr, M.R., Soltanian, S., Lahijan-zadeh, A.R., Sorooshian, A., 2018. Heavy metal contamination and health risk assessment in three commercial fish species in the Persian Gulf. *Mar. Pollut. Bull.* 129, 245–252.
31. Liebezeit, G., Dubaish, F. (2012). Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 89, 213-217.
32. Martellini, T., Guerranti, C., Scopetani, C., Ugolini, A., Chelazzi, D., & Cincinelli, A. (2018). A snapshot of microplastics in the coastal areas of the Mediterranean Sea. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 173- 179.
33. McEachern, K., Alegria, H., Kalagher, A. L., Hansen, C., Morrison, S., & Hastings, D. (2019). Microplastics in Tampa Bay, Florida: Abundance and variability in estuarine waters and sediments. *Marine pollution bulletin*, 148, 97-106.

34. Mu, J., Qu, L., Jin, F., Zhang, S., Fang, C., Ma, X., ... & Wang, J. (2019). Abundance and distribution of microplastics in the surface sediments from the northern Bering and Chukchi Seas. *Environmental Pollution*, 245, 122-130.
35. Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A. and Vethaak, A.D., 2017. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), pp.20459-20468.
36. Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364, 1999-2012.
37. Stolte, A., Forster, S., Gerdt, G., Schubert, H. (2015). Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine pollution bulletin*, 99, 216-229.
38. Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., Janssen, C.R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine environmental research*, 111, 5-17.
39. Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C.R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499. on Moos, N., Burkhardt-Holm, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental science & technology*, 46, 11327-11335.
40. Watts, A.J., Urbina, M.A., Corr, S., Lewis, C., Galloway, T.S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environmental science & technology*, 49, 14597-14604.
41. Yu, X., Peng, J., Wang, J., Wang, K., Bao, S. (2016). Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental pollution*, 214, 722-730.
42. Zalasiewicz, J., Waters, C. N., do Sul, J. A. I., Corcoran, P. L., Barnosky, A. D., Cearreta, A., ... & McNeill, J. R. (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4-17.
43. Recabarren, T., Torres, M., Jacobsen, C., Pozo, K., Girones, L., Arias, A., ... & Pozo, K. (2025). Land-Ocean export of microplastic in Central Chile: The contribution of the Biobío River using a particle tracking model approach. *Environmental Pollution*, 126196.
44. Verma, M., Singh, P., Pradhan, V., & Dhanorkar, M. (2025). Spatial and seasonal variations in abundance, distribution characteristics, and sources of microplastics in surface water of Mula river in Pune, India. *Environmental Pollution*, 373, 126091.