Journal of Marine Medicine
Summer 2022, Volume 4, Issue 2
Pages: 79-87
10.30491/4.2.79

A Review of the Sources and Origins of Microplastics in the Marine Environment and Their Effects on Aquatic Life

Mohammad Velayatzadeh [1,2] *

[1] *Department of Industrial Safety, Caspian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran*
[2] *Young and Elite Researchers Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

Received: 26 April 2022 **Accepted:** 19 May 2022

Abstract

Microplastics are small pieces of plastic waste that are accumulated in the environment on a global scale. This waste is generated by the direct release of plastic particles as well as the fragmentation of larger plastic items. Microplastics are distributed in marine habitats from the poles to the equator, from the sea surface and the shoreline to the depths of the sea. They are swallowed by a wide range of living organisms, including important commercial fish and bivalves. In some populations, the consumption of microplastics is very high, which can have toxic or physical side effects. However, our understanding of the relative importance of these side effects in different populations is very limited. The amount of microplastics in the environment seems to be increasing, and this is inevitable because even if new plastic materials can be prevented from entering the ocean, the fragmentation of existing plastic items will continue in the future years. The term microplastics have been used for a decade and has raised many questions about its harmful effects. Some solutions are available to reduce this pollution, however many studies are ongoing in this area. There is significant synergy in the new designs and production of plastic items and their efficient recycling because waste recycling reduces the use of non-renewable oil and gas energy in the production of new plastics and at the same time reduces the accumulation of microplastics in the environment.

Keywords: Microplastic, Marine Ecosystems, Toxicity, Plastic Waste.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

***Corresponding author:** Mohammad Velayatzadeh, **Email**: mv.5908@gmail.com
Address: Department of Industrial Safety, Caspian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱
صفحات: ۸۷-۷۹
10.30491/4.2.79

مروری بر منابع و منشا میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی و تاثیرات بر آبزیان

محمد ولایت زاده [۱،۲*]

[۱] گروه ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی کاسپین، قزوین، ایران
[۲] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۱/۰۲/۲۹

چکیده

میکروپلاستیک‌ها قطعات کوچکی از زباله‌های پلاستیکی هستند که در مقیاس جهانی در محیط زیست انباشته شده‌اند. این زباله‌ها از انتشار مستقیم ذرات پلاستیکی و همچنین تکه تکه شدن اقلام پلاستیکی بزرگتر ایجاد می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها در زیستگاه‌های دریایی از قطب‌ها تا استوا، از سطح دریا و خط ساحلی تا اعماق دریا پراکنش دارند. آنها توسط طیف وسیعی از موجودات زنده از جمله ماهیان و دوکفه‌ای‌های مهم و تجاری بلعیده می‌شوند. در برخی از جمعیت‌ها میزان مصرف میکروپلاستیک‌ها بسیار زیاد است که می‌تواند اثرات سمی یا فیزیکی مضری داشته باشد. با این حال، درک ما از اهمیت نسبی این اثرات در جمعیت‌های مختلف بسیار محدود است. به نظر می‌رسد که مقدار میکروپلاستیک‌ها در محیط در حال افزایش باشد و این امری اجتناب ناپذیر است، زیرا حتی اگر بتوان از ورود مواد جدید پلاستیک به اقیانوس جلوگیری کرد، تکه تکه شدن اقلام پلاستیکی موجود برای سال‌های آینده ادامه خواهد داشت. واژه میکروپلاستیک برای یک دهه است که مورد استفاده قرار گرفته، و سؤالات زیادی در مورد میزان تأثیرات مضر آنها ایجاد نموده است. راه‌حل‌هایی برای کاهش این آلودگی در دسترس است، با این وجود مطالعات زیادی در این زمینه در جریان است. هم افزایی قابل توجهی در طراحی‌های نوین اقلام پلاستیکی و بازیافت کارآمد آنها در پایان عمر وجود دارد، زیرا جمع‌آوری زباله برای بازیافت باعث کاهش استفاده از نفت و گاز تجدیدناپذیر مورد استفاده در تولید پلاستیک های جدید می‌شود و در عین حال انباشت میکروپلاستیک‌ها را در محیط زیست کاهش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: میکروپلاستیک، اکوسیستم های دریایی، سمیت، زباله‌های پلاستیکی.

*نویسنده مسئول: **محمد ولایت زاده**. پست الکترونیک: mv.5908@gmail.com
آدرس: گروه ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی کاسپین، قزوین، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

مقدمه

میکروپلاستیک به عنوان یک اصطلاح جمعی برای توصیف یک مخلوط واقعا ناهمگن از ذرات با اندازه های مختلف از چند میکرون تا چند میلی‌متر استفاده می‌شود. شامل ذراتی با اشکال مختلف از الیاف کاملاً کروی تا دراز هستند. میکروپلاستیک‌ها در طیف رنگی متفاوت گزارش شده‌اند. با این حال، قطعاتی که از نظر ظاهری بر اساس اندازه، شکل یا رنگ با ذرات طبیعی محیط متفاوت هستند به عنوان مثال الیاف آبی یا قرمز، معمولاً گزارش می‌شوند (۱). اصطلاح میکروپلاستیک از سال ۲۰۰۴ توسط تامپسون و همکاران در رابطه با زباله‌های انسانی برای نشان دادن و توصیف تجمع قطعات پلاستیکی واقعاً میکروسکوپی در رسوبات دریایی و در ستون آب در آب‌های اروپا استفاده گردید (۲). از آن زمان آلودگی میکروپلاستیک‌ها در مقیاس جهانی از قطب‌ها تا استوا گزارش شده‌است (۱،۳،۴) که آب‌های اقیانوس‌های آزاد (۸-۵)، مصب رودخانه‌ها (۹)، دریاچه‌ها (۱۰)، محیط‌های دریایی (۴،۱۱) از رسوبات جزر و مدی (۴) تا اعماق دریا (۱۲،۱۳) و سواحل آب شیرین (۱۴) را آلوده می‌کنند. میکروپلاستیک‌ها همچنین در غلظت های قابل توجهی در یخ های دریای قطب شمال گزارش شده‌اند (۱۵). در طول دهه گذشته، علاقه به این موضوع بسیار افزایش یافته است و در حال حاضر بیش از ۱۰۰ نشریه بررسی‌های متعدد در مورد منابع، منشا، فراوانی، بلع توسط موجودات زنده و پیامدهای میکروپلاستیک گزارش شده کرده اند (۲۳-۱۶). در کنار این تحقیقات علمی، علاقه فزاینده ای از سوی رسانه ها، مردم و مسئولین دولت ها وجود داشته است. اولین کارگاه سیاست محور در مورد این موضوع توسط آژانس ملی اقیانوس شناسی و جوی در ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۸ میزبانی شد (۱۷). اشاره ویژه به میکروپلاستیک‌ها بعداً در قوانین اتحادیه اروپا از طریق دستورالعمل چارچوب استراتژی دریایی در سال ۲۰۱۰ انجام گردید (۲۴). سپس قوانین و اقدامات داوطلبانه‌ای توسط صنعت برای کاهش استفاده از میکروپلاستیک‌ها در لوازم آرایشی وضع شد. با این حال، حتی در صورت غیرمحتملی که ورودی اقلام بزرگتر زباله فوراً متوقف شود، این احتمال وجود دارد که به دلیل تکه تکه شدن اقلام قدیمی زباله‌های بزرگتر، مقادیر میکروپلاستیک‌ها در محیط افزایش یابد. از این رو، کسب درک بیشتر در مورد منابع، پیامدها و سرنوشت میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی ضروری است (۷،۹).

منابع و منشا

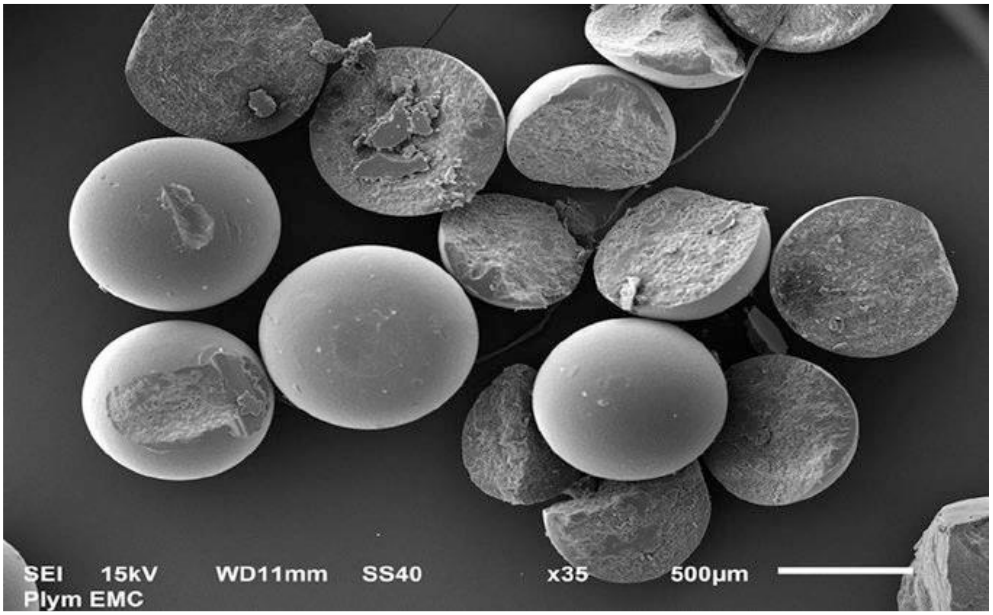
میکروپلاستیک‌ها از منابع مختلفی منشا می‌گیرند، اما می‌توان آنها را به طور کلی به عنوان دو منشا طبقه‌بندی کرد: انتشار مستقیم ذرات کوچک، به عنوان مثال در نتیجه آزاد شدن گلوله ها یا پودرها، یا منشا ثانویه که از تکه تکه شدن اقلام بزرگتر ناشی می‌شود (۱،۱۸،۱۹). ذرات با اندازه میکروپلاستیک به طور مستقیم در طیف وسیعی کاربرد دارند. گلوله‌های پلاستیکی (قطر حدود ۵ میلی‌متر) و پودرها (کمتر از ۰/۵ میلی‌متر) به عنوان خوراک اولیه برای تولید اقلام بزرگ‌تر استفاده می‌شوند و کاربرد این گلوله‌های پلاستیکی به طور گسترده گزارش شده‌است (۲۹-۲۵). ذرات پلاستیکی کوچک معمولاً به قطر ۰/۲۵ میلی‌متر (شکل-۱) نیز به‌طور گسترده به عنوان ساینده در محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شوند. میکروپلاستیک‌های مواد آرایشی و پاک‌کننده (همچنین به عنوان میکروبیدها شناخته می‌شوند) از طریق فاضلاب حمل می‌شوند و بعید است که به طور موثر با تصفیه فاضلاب حذف شوند و از این رو در محیط تجمع می‌یابند (۳۰،۳۱). علاوه بر انتشار مستقیم میکروپلاستیک‌های اولیه، اقلام بزرگ‌تر از زباله‌های پلاستیکی به تدریج تحت تأثیر نور فرابنفش و گرما شکننده می‌شوند و سپس با اعمال فیزیکی باد و امواج تکه تکه می‌گردند (۳۲). از این رو اقلام بزرگ زباله احتمالاً منبع قابل توجهی از میکروپلاستیک‌ها هستند (۳۳). علاوه بر تکه تکه شدن در محیط، برخی از اقلام نیز در حال استفاده، خرد می‌شوند و در نتیجه ذرات میکروپلاستیک در نتیجه استفاده یا تمیز کردن روزمره به محیط رها می‌شوند. این امر برای آزاد شدن الیاف از لباس‌ها در نتیجه شستن گزارش شده‌است (۴).

میکروپلاستیک‌ها در زیستگاه‌های طبیعی دریایی و آبزیان، از جمله بی‌مهرگان کفزی، خرچنگ‌های مهم تجاری، گونه‌های متعدد ماهیان، پرندگان دریایی و پستانداران دریایی گسترده شده‌اند (۳۹-۳۴). درک ما در مورد میکروپلاستیک‌ها در دهه گذشته به طور قابل توجهی پیشرفت کرده است، اما هنوز در مراحل ابتدایی است و دانش ما از اهمیت نسبی منابع مختلف، روندهای مکانی در توزیع و فراوانی، روندهای زمانی، یا اثرات بر روی زیست‌بوم دریایی هنوز محدود است (۲۳). مکانیسم اولیه که میکروپلاستیک‌ها را توصیف می‌کند، افزایش اندک در فراوانی این زباله‌ها را در طول زمان نشان می‌دهد و در شرایط آزمایشگاهی طیف وسیعی از بی‌مهرگان، این مواد را می‌بلعند (۲). مطالعات بعدی محدوده زیستگاه‌ها (۴،۵،۱۲) و موجودات زنده را توصیف کرده است (۳۴،۳۶،۳۸،۴۰) که توسط میکروپلاستیک در محیط آلوده شده‌اند. به موازات آن، مطالعات آزمایشگاهی وجود دارد که موجودات زنده را در معرض میکروپلاستیک‌ها قرار داده‌اند تا مشخص شود که این زباله‌ها به موجوداتی که در محیط طبیعی با آنها برخورد می‌کنند چه آسیبی می‌رسانند (۴۳-۴۱). محور اصلی نگرانی در حال حاضر، پیامد بلع است که می‌تواند منجر به اثرات فیزیکی (۴۴) و سم‌شناسی روی موجودات زنده شود (۴۵). پلاستیک ها برای جذب آلاینده های آلی پایدار شناخته شده‌اند (۴۶) و فلزات (۴۷) از آب دریا و آلاینده های آلی می‌توانند به مراتب از سطح پلاستیک نسبت به آب اطراف آن بیشتر شوند (۴۸،۴۹). شواهدی از مطالعات آزمایشگاهی وجود دارد که نشان می‌دهد این مواد شیمیایی می‌توانند پس از بلع از پلاستیک به ارگانیسم‌ها منتقل شوند (۴۴) و این می‌تواند منجر به آسیب شود (۴۲،۴۳،۵۰). پتانسیل انتقال با

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

توجه به ترکیب خاص پلاستیک و آلاینده با برخی از پلیمرها مانند پلی اتیلن که پتانسیل قابل توجهی برای حمل و نقل دارند متفاوت است (۵۱). دفع بعدی نیز با توجه به شرایط فیزیولوژیکی پس از مصرف با حضور سورفکتانت‌های روده و افزایش دما که منجر به افزایش دفع می‌شود، متفاوت خواهد بود (۴۴،۴۹). با این حال، مطالعات مدل‌سازی نشان می‌دهد که در مقایسه با انتقال آلاینده‌های آلی پایدار توسط مسیرهای دیگر مانند تنفس و غذا، پلاستیک‌ها احتمالاً ناقل اصلی در انتقال آلاینده‌های آلی پایدار از آب دریا به موجودات زنده نیستند (۵۲،۵۳). دومین مسئله سم‌شناسی این است که برخی از پلاستیک‌ها حاوی افزودنی‌های شیمیایی هستند که بالقوه مضر هستند (۵۴). این افزودنی‌ها می‌توانند در غلظت‌هایی بسیار بیشتر از آنچه که احتمالاً از جذب آلاینده‌های آلی پایدار حاصل می‌شود وجود داشته باشند و این نگرانی وجود دارد که مواد افزودنی ممکن است پس از بلع وارد بدن موجودات شود (۵۷-۵۵). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد چنین مواد شیمیایی می‌توانند، به عنوان مثال به عنوان شیرابه از محل های دفن زباله، در زیستگاه‌های آبی در غلظت هایی که برای ایجاد آسیب کافی است وجود داشته باشند (۵۵). همچنین شواهدی وجود دارد که افزودنی‌های شیمیایی می‌توانند از پلاستیک به پرندگان دریایی منتقل شوند (۵۸).



شکل-۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی از ریزدانه های جدا شده‌از لوازم آرایشی (۵۱)

تعاریف و مفاهیم میکروپلاستیک

در سال ۲۰۰۴، اصطلاح میکروپلاستیک برای توصیف قطعات پلاستیکی با قطر حدود ۲۰ میکرومتر استفاده شد که در رسوبات جزر و مدی و کم عمق و در آب‌های سطحی در شمال غربی اروپا گزارش گردیده بود (۲). تحقیقات بعدی نشان داد که ذرات با اندازه مشابه در آب‌های کم عمق اطراف سنگاپور وجود دارند (۵۹). با این حال، در حالی که این گزارش‌های اولیه به ذرات واقعاً میکروسکوپی اشاره داشتند، اما تعریف خاصی از میکروپلاستیک ارائه نکردند. در سال ۲۰۰۸، آژانس ملی اقیانوس شناسی و جوی ایالات متحده اولین کارگاه بین المللی میکروپلاستیک را در واشنگتن میزبانی کرد و به عنوان بخشی از این نشست، یک تعریف کاری گسترده‌تر را فرموله کرد که شامل تمام ذرات با قطر کمتر از ۵ میلی متر باشد (۶۰،۶۱،۱۷). هنوز در مورد مناسب‌ترین اندازه که در تعریف رسمی میکروپلاستیک‌ها استفاده می‌شود بحث‌هایی وجود دارد. اتحادیه اروپا از آژانس ملی اقیانوس شناسی و جوی ایالات متحده آمریکا پیروی کرده و یک کران بالای ۵ میلیمتری برای طبقه‌بندی میکروپلاستیک‌ها در چارچوب دستورالعمل چارچوب استراتژی دریایی اتخاذ کرده است (۲۴). با در نظر گرفتن اندازه پایین تر برای تعریف میکروپلاستیک، وضعیت مشابهی وجود ندارد. از نظر عملیاتی، به طور پیش‌فرض، این اندازه توری یا الک خاص در نظر گرفته شده که برای جدا کردن میکروپلاستیک از محیط توده‌ای رسوب یا ستون آب استفاده می‌شود (۱). در اتحادیه اروپا، رویکردی واقعی بر اساس رویکردی که توسط محققان نمونه‌برداری از جانوران و رسوبات اعماق دریا با غربال‌ها مثلاً غربال‌های مدرج Wentworth استفاده می‌شود، اتخاذ شده‌است که در آن موجودات زنده توسط یک غربال خاص گزارش می‌شوند. به طور خلاصه، هیچ تعریف مورد توافق جهانی برای اندازه میکروپلاستیک وجود ندارد، اما اکثر کارشناسان و پژوهشگران میکروپلاستیک را ذرات پلاستیکی با اندازه کمتر از ۵ میلی متر می‌دانند. توافق نظر کمی در مورد کران اندازه پایین وجود دارد. در زمینه زباله‌های دریایی و نگرانی‌ها در مورد اثرات مضر بالقوه میکروپلاستیک، ممکن است در حال حاضر جدال بر سر تعیین دقیق تعاریف و اندازه‌ها عاقلانه نباشد. ذرات با اندازه های متفاوت احتمالاً اثرات متفاوتی دارند. برای

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

مثال، ذرات کوچک‌تر می‌توانند پیامدهایی داشته باشند که اساساً با ذرات بزرگ‌تر متفاوت هستند، زیرا خود ذرات می‌توانند در بافت‌ها تجمع کنند و ممکن است باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی شوند (۲۱،۴۱). لذا یک استراتژی معقول می‌تواند جمع‌آوری ذرات کمتر از ۵ میلی متر از محیط و سپس تعیین کمیت میکروپلاستیک‌ها بر اساس دسته‌بندی‌های اندازه باشد (۲۳،۵۹،۶۱).

الگوهای مکانی و زمانی فراوانی میکروپلاستیک‌ها

درک ما در مورد توزیع و عوامل مؤثر بر توزیع میکروپلاستیک‌ها در اقیانوس ها محدود است و بسیاری از نمونه برداری ها تا به امروز با استفاده از برنامه های تحقیقاتی، تصادفی و ضمنی بوده است. اگرچه برخی نمونه‌برداری‌های میکروپلاستیک هدفمند و تلاش‌هایی برای انجام مقایسه‌های رسمی‌در فراوانی میکروپلاستیک‌ها بین مکان‌ها انجام شده‌است (۴،۶۲). داده‌های موجود نشان می‌دهد که میکروپلاستیک‌ها به طور گسترده در آب‌های سطحی، در آب‌های کم‌عمق (۴،۱۱)، در رسوبات اعماق دریا (۱۲) و در دستگاه گوارش طیف وسیعی از آبزیان توزیع شده‌اند. به استثنای مناطق بسیار آلوده مانند مناطق شکستن کشتی‌ها (۶۳)، به نظر می‌رسد فراوانی میکروپلاستیک‌ها در آب‌های سطحی و رسوبات نسبتاً کم باشد (۶۴). با این حال، از نظر حجم، بدیهی است که رسوبات آلوده‌تر از آب‌های سطحی هستند. علاوه بر این، به دلیل فراگیر بودن آنها، مقدار کل میکروپلاستیک‌ها در محیط قابل توجه است و در برخی مکان‌ها بیشترین نوع زباله‌های موجود را نشان می‌دهد (۶۲). این فراگیر بودن با برخوردهایی که توسط گونه‌های دریایی در نظر گرفته می‌شود، نشان داده می‌شود، که حدود ۱۰ درصد آنها مربوط به میکروپلاستیک‌ها هستند. در مقیاس جهانی براون و همکاران یک رابطه ضعیف بین فراوانی میکروپلاستیک‌ها و تراکم جمعیت انسان را شناسایی کردند (۴). نمونه برداری گسترده توسط Law و همکاران نقش و تاثیر عوامل فیزیکی در مقیاس بزرگ را نشان داد که منجر به افزایش فراوانی در اقیانوس اطلس شمالی می‌شود. آنها داده‌های فراوانی را از سطح اقیانوس با پیش‌بینی‌های مدلسازی بر اساس عوامل فیزیکی تطبیق دادند که نشان می‌دهد در مقیاس‌های بزرگ عواملی که باعث فراوانی زباله‌ها می‌شوند می‌توانند برای پیش‌بینی فراوانی نسبی استفاده شوند (۵). همچنین مقایسه الگوها در مقیاس‌های فضایی کوچک‌تر با مکان‌هایی که قبلاً برای تخلیه لجن فاضلاب استفاده می‌شد، نشان داد که دارای مقادیر بیشتری میکروپلاستیک نسبت به مناطق کنترل هستند (۴). علاوه بر این، رسوبات جزر و مدی در سواحل که در جهت باد هستند، می‌توانند مقادیر بیشتری میکروپلاستیک نسبت به آنهایی که در خطوط ساحلی در خلاف جهت باد هستند، داشته باشند (۶۲). همچنین نمونه‌برداری‌ها فراوانی بسیار بالایی از میکروپلاستیک‌ها را در نزدیکی یک کارخانه پردازش پلاستیک در سوئد نشان داده است (۶۵). با این حال، در حالی که نقش برخی منابع بالقوه از جمله فاضلاب و نشت صنعتی همراه با تأثیر عوامل فیزیکی منجر به تجمع زباله در مکان‌های خاص می‌شود، درک جمعی ما از اهمیت نسبی این عوامل در تأثیرگذاری بر الگوهای فضایی توزیع یا در انجام پیش‌بینی محدود است. تنها تعداد کمی از مطالعات الگوهای زمانی فراوانی میکروپلاستیک‌ها را در نظر گرفته اند. Thompson و همکاران در شمال شرقی اقیانوس اطلس (۴) و Goldstein و همکاران در اقیانوس آرام شمالی (۷) هر دو در مورد افزایش فراوانی در طول زمان گزارش می‌دهند، در حالی که بررسی مجموعه داده های بسیار گسترده توسط Law و همکاران هیچ روند زمانی مشخصی را در فراوانی طی دو دهه نمونه‌برداری در اقیانوس اطلس شمالی نشان ندادند (۵). Thompson و همکاران از نمونه های جمع آوری شده توسط تور پلانکتون‌گیری برای بررسی تغییرات زمانی در آبهای سطحی شمال اسکاتلند استفاده کردند و افزایش قابل توجهی در فراوانی میکروپلاستیک‌ها را نشان دادند (۴). Goldstein و همکاران مقایسه فراوانی را بین دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ با دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ در مناطق به شدت آلوده اقیانوس آرام انجام دادند که افزایش فراوانی در طول زمان را ثبت کردند. با این حال، روش نمونه‌گیری بین تاریخ‌های بررسی متفاوت بود (۷). واضح است که فراوانی میکروپلاستیک‌ها احتمالاً در مکان و زمان مختلف به طور قابل توجهی متفاوت است، اما درک کمی از مقیاس‌های مربوط به تغییرات وجود دارد. بنابراین در این میان ممکن است، زمان یکی از عوامل موثر بر توزیع انواع میکروپلاستیک‌ها باشد. چنین عدم قطعیتی به طور قابل توجهی توانایی ما را برای اجرای برنامه‌های نظارتی لازم برای ارزیابی تغییرات فراوان در طول زمان و در رابطه با اقدامات نظارتی محدود می‌کند.

آینده میکروپلاستیک‌ها

تولید جهانی پلاستیک از حدود ۵ میلیون تن در سال در طول دهه ۱۹۵۰ به بیش از ۲۸۰ میلیون تن در حال حاضر افزایش یافته است (۵۶،۶۶). با این حال، اکثر این موارد برای ساخت اقلام یکبار مصرف استفاده می‌شود که در عرض یک سال پس از تولید دور ریخته می‌شوند (۵۶). از این‌رو، مقادیر قابل توجهی از پلاستیک‌ها تا پایان عمر در زمین‌ها و محیط زیست انباشته می‌شوند. مقدار پلاستیک موجود تا پایان عمر در محیط دریایی قابل توجه است، اما هنوز تخمین های قابل اعتماد کمی از مقدار کل یا نسبت نسبی انواع مختلف زباله مانند میکروپلاستیک وجود دارد. مطالعات اخیر تلاش کرده اند توزیع جهانی را ارزیابی کنند (۶۷،۶۸) که گام منطقی بعدی می‌تواند تخمین کل تولید، حجم فعلی در استفاده و دفع از طریق مدیریت زباله و از طریق یک معادله جرمی مقدار پلاستیکی که وارد محیط دریایی شده و به طور بالقوه در محیط وجود دارد، باشد (۶۹). بدیهی است که اقلام پلاستیکی، فراوان و به طور گسترده

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

ای در اقیانوس ها پراکنده شده‌اند و این اقلام به تدریج به قطعات کوچکی تقسیم می‌شوند که اکنون در محیط به وفور یافت می‌شوند (شکل-۲). در برخی مکان‌ها، واضح است که میکروپلاستیک‌ها از نظر عددی، بر خلاف جرم، فراوان‌ترین نوع زباله‌های جامد موجود هستند (۶۲). با این حال، علی‌رغم تبدیل شدن اقلام پلاستیکی به قطعات پلاستیکی کوچکتر، پلاستیک‌های معمولی به آسانی تجزیه نمی‌شوند و تصور می‌شود که تمام پلاستیک‌هایی که تاکنون تولید شده‌اند هنوز روی کره زمین وجود دارند، مگر اینکه سوزانده شده باشند (۷۰). از این رو، حتی اگر بخواهیم استفاده از اقلام پلاستیکی را متوقف کنیم، مقدار میکروپلاستیک در نتیجه تکه‌تکه شدن اقلام بزرگ‌تر قدیمی همچنان در حال افزایش است (۵۶،۷۱).

از دیدگاه دیگر، چیزی که ما اکنون به عنوان میکروپلاستیک توصیف می کنیم، ایجاد آن در اواسط دهه ۱۹۹۰ آغاز شده‌است. آشکار است که مواد زائد از جمله پلاستیک به صورت روزانه وارد اقیانوس ها می‌شوند. این اقلام پلاستیکی در برابر تخریب مقاوم هستند. در آن زمان، داده های دقیقی در دسترس نبود که نشان‌دهنده هر گونه روند فزاینده در فراوانی زباله‌های پلاستیکی باشد و ممکن است نسبت قابل‌توجهی از میکروپلاستیکها در بررسی‌های معمول زباله نادیده گرفته شده باشند (۴) (شکل ۳). حدود ۱۰ سال بعد، تجمع میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک موضوع مهم مطرح شد که اکنون نیز نیاز به واکاوی دقیق و ثبت داده های جامع دارد. بسیاری از دانشمندان محیط زیست، اعماق دریا را یک محل انباشت احتمالی پلاستیک‌ها و میکروپلاستیک‌ها می‌دانند و شواهد فزاینده ای نیز در این زمینه وجود دارد (۷۲). یک بررسی اولیه نشان داد که فراوانی در اعماق دریا ممکن است کمتر از زیستگاه‌های آب کم عمق باشد (۱۲)، اما با استفاده از رویکردهای مختلف برای ثبت الیاف، شواهد اخیر نشان می‌دهد که اعماق دریا نیز می‌تواند مخزن قابل‌توجهی برای میکروپلاستیک‌ها باشد (۱۳). برای تایید اهمیت نسبی اعماق دریا به عنوان مخزن میکروپلاستیک‌ها، برای درک سرنوشت طولانی‌مدت آنها در اعماق دریا و میزان هر گونه زوال یا تخریب زیستی بعدی در بازه‌های زمانی طولانی، به تحقیقات بیشتری نیاز است (۷۳).

نتیجه‌گیری

بدیهی است که قطعات میکروپلاستیک اکنون زیستگاه‌های دریایی را در سراسر جهان آلوده می کنند. این زباله توسط طیف گسترده ای از موجودات بلعیده می‌شود. نگرانی هایی در مورد آسیب فیزیکی و سمی وجود دارد که بلعیدن این زباله ممکن است ایجاد کند و مطالعات آزمایشگاهی نیز اثرات مضری را نشان داده‌اند. اطلاعات ما از فراوانی و تاثیرات داقیق زباله‌های میکروپلاستیک محدود است. به نظر می رسد افزایش مقادیر میکروپلاستیک در محیط زیست در نتیجه تولید مستقیم میکروپلاستیک اولیه و تکه تکه شدن اقلام بزرگتر اجتناب ناپذیر است. در نتیجه، ۱۰ سال پس از ورود گسترده اصطلاح میکروپلاستیک به مقالات و مطالعات منتشر شده و پس از تحقیقات قابل توجه، سوالات بیشتری نسبت به پاسخ در مورد فراوانی تجمع و پیامدهای آلودگی میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست دریایی به وجود آمده است (۲۳). از آنجایی که در حال حاضر ۸ درصد از تولید جهانی نفت برای ساخت اقلام پلاستیکی استفاده می‌شود، واضح است که نیاز فوری به تغییر روش تولید، استفاده و دفع اقلام پلاستیکی وجود دارد.

شکل-۲. تجمع زباله‌های پلاستیکی در یک خط ساحلی در اروپا، قطعات کوچک پلاستیک از جمله قطعات میکروپلاستیک کمتر از ۵ میلی متر اغلب در طول نظارت معمول ساحل نادیده گرفته می‌شوند، اما اکنون فراوان ترین اقلام در بسیاری از خطوط ساحلی هستند (۴).

شکل-۳. قطعات و تکه های مختلف پلاستیک ها در خط ساحلی

تشکر و قدردانی: از همه اساتیدی که در غنای مطالب حاضر یاری‌رسان بودند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان: نویسنده با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرد.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

تضاد منافع: نویسنده تصریح می کند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. Environmental Science and Technology, 46, 3060-3075. doi:10.1021/es2031505

2. Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., et al. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? Science, 304, 838. doi:10.1126/science.1094559

3. Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 1985-1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205

4. Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. S., et al. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: Sources and sinks. Environmental Science and Technology, 45, 9175-9179. doi:10.1021/es201811s

5. Law, K. L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J., et al. (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. Science, 329, 1185-1188. doi:10.1126/science.1192321

6. Collignon, A., Hecq, J. H., Galgani, F., Voisin, P., Collard, F., Goffart, A. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin, 64, 861-864. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.01.011

7. Goldstein, M., Rosenberg, M., Cheng, L. (2012). Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. Biology Letters, 11, doi:10.1098/rsbl.2012.0298

8. Ivar do Sul, J. A., Costa, M. F., Barletta, M., Cysneiros, F. J. A. (2013). Pelagic microplastics around an archipelago of the equatorial Atlantic. Marine Pollution Bulletin, 75, 305-309. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.07.040

9. Sadri, S. S., Thompson, R. C. (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. Marine Pollution Bulletin, 81, 55-60. doi:10.1016/j.marpolbul.2014.02.020

10. Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., et al. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Marine Pollution Bulletin, 77, 177-182. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.10.007

11. Santos, I. R., Friedrich, A., do Sul, J. A. I. (2009). Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, 148, 455-462. doi:10.1007/s10661-008-0175-z

12. Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987), 182, 495-499. doi:10.1016/j.envpol.2013.08.013

13. Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., et al. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. Royal Society Open Science 1, 140317. doi:10.1098/rsos.140317

14. Imhof, H. K., Ivleva, N. P., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. Current Biology, 23, R867-R868. doi:10.1016/j.cub.2013.09.001

15. Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I. Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. Earth's Future, 2, 315-320. doi:10.1002/2014EF000240

16. Swann, J., Hosseiniara, R. (2022). 'Possible causes of COVID-19 waves in Iran', Novelty in Clinical Medicine, 1(1), 1-3. doi: 10.22034/ncm.2022.140282

17. Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. Sept 9-11, 2008, NOAA Technical Memorandum NOS-ORR30.

18. Zicker, F. (2022). 'Science and Global Health', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 119-120. doi: 10.22034/ncm.2022.337000.1038

19. 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. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

20. Derakhshan, R., Raeisi, N., Sadeghi, T. (2022). 'Prevalence of Congenital Heart Disease and Related Factors among Children Admitted to the Pediatric Cardiac Center in Rafsanjan, Southeastern Iran', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 121-126. doi: 10.22034/ncm.2022.336934.1037

21. Najafi, N., Gharib, M., Nematollahi, N., Mehravar, F. (2022). 'Preoperative Evaluation of Pelvic MRI Findings in Patients with Rectosigmoid Cancer in Golestan Province, North of Iran', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 127-134. doi: 10.22034/ncm.2022.337938.1041

22. Baghi, I., Malekshahi, A., Mobayen, M., Mousavi, M. (2022). 'Evaluation of Diagnostic Value of FAST in Patients with Multiple Trauma referring to a Trauma Center in Northern Iran', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 135-142. doi: 10.22034/ncm.2022.336374.1033

23. Law, K. L., Thompson, R. C. (2014). Microplastics in the seas. Science, 345, 144-145. doi:10.1126/science.1254065

24. Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., et al. (2010). Marine strategy framework directive, task group 10

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

report: Marine litter. In N. Zampoukas (Ed.), JRC scientific and technical reports. Ispra: European Comission Joint Research Centre.
25. Hays, H., Cormons, G. (1974). Plastic particles found in tern pellets, on coastal beaches and at factory sites. Marine Pollution Bulletin, 5: 44-46. doi:10.1016/0025-326X(74)90234-3
26. Bourne, W. R. P., Imber, M. J. (1982). Plastic pellets collected by a prion on Gough Island, Central South-Atlantic ocean. Marine Pollution Bulletin, 13, 20-21. doi:10.1016/0025-326X(82)90491-X
27. Blight, L. K., Burger, A. E. (1997). Occurrence of plastic particles in seabirds from the eastern North Pacific. Marine Pollution Bulletin, 34, 323-325. doi:10.1016/S0025-326X(96)00095-1
28. Harper, P. C., Fowler, J. A. (1987). Plastic pellets in New Zealand storm-killed prions (Pachyptila spp.), 1958-1998. Notornis, 34, 65-70.
29. Shiber, J. G. (1987). Plastic pellets and tar on spain mediterranean beaches. Marine Pollution Bulletin, 18, 84-86. doi:10.1016/0025-326X(87)90573-X
30. Mohammadzadeh, S., Olyaie, N., Ghanei-Gheshlagh, R. (2022). 'Effect of Education Based on Collaborative Care Model on Self-Efficacy of Patients with Heart Failure', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 143-150. doi: 10.22034/ncm.2022.336458.1034
31. Gregory, M. R. (1996). Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: A further (and minor) source for marine pollution identified. Marine Pollution Bulletin, 32, 867-871. doi:10.1016/S0025-326X(96)00047-1
32. Andrady, A. L. (2015). Persistence of plastic litter in the oceans. In M. Bergmann., L. Gutow, M. Klages (Eds.), Marine anthropogenic litter (pp. 57-72). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-319-16510-3_3
33. Andrady, A. L. (Ed.). (2003). Plastics in the environment. Plastics in the Environment. New Jersey: Wiley. doi:10.1002/0471721557
34. Murray, F., Cowie, P. R. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean Nephrops norvegicus (Linnaeus, 1758). Marine Pollution Bulletin, 62, 1207-1217. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.03.032
35. Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., do Sul, J. A. I., Dantas, D. V. (2011). Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. Marine Pollution Bulletin, 62, 1098-1102. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.01.036
36. van Franeker, J. A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., et al. (2011). Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar Fulmarus glacialis in the North Sea. Environmental Pollution, 159, 2609-2615. doi:10.1016/j.envpol.2011.06.008
37. Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., van Franeker, J. A., Murk, A. J., Koelmans, A. A. (2013). Plastic in North Sea fish. Environmental Science and Technology, 47, 8818-8824. doi:10.1021/es400931b
38. Lusher, A., McHugh, M., Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Marine Pollution Bulletin, 67, 94-99. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.11.028
39. Rebolledo, E. L. B., Van Franeker, J. A., Jansen, O. E., Brasseur, S. M. J. M. (2013). Plastic ingestion by harbour seals (Phoca vitulina) in The Netherlands. Marine Pollution Bulletin, 67, 200-202. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.11.035
40. Graham, E. R., Thompson, J. T. (2009). Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 368, 22-29. doi:10.1016/j.jembe.2008.09.007
41. Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, Mytilus edulis (L.). Environmental Science and Technology, 42, 5026-5031. doi:10.1021/es800249a
42. Rachdi, Y., Lachkar, A., Najib, A., Yacoubi, H. (2022). 'Surgical Treatment of Dupuytren's Disease by Aponeurectomy (15 Cases)', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 151-155. doi: 10.22034/ncm.2022.338456.1043
43. Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C., Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. Current Biology, 23, 1031-1033. doi:10.1016/j.cub.2013.10.068
44. Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., Thompson, R. C. (2007). Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. Environmental Science and Technology, 41, 7759-7764. doi:10.1021/es071737s
45. Wright, S. L., Rowe, D. Thompson, R. C. Galloway T. S. (2014). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. Current Biology, 23, R1031-R1033. doi:10.1016/j.cub.2013.10.068
46. Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. Environmental Science and Technology, 35, 318-324. doi:10.1021/es0010498
47. Holmes, L. A., Turner, A., Thompson, R. C. (2012). Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment. Environmental Pollution, 160, 42-48. doi:10.1016/j.envpol.2011.08.052
48. Ogata, Y., Takada, H., Master, M. K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., et al. (2009). International pellet watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. Marine Pollution Bulletin, 58, 1437-1466. doi:10.1016/j.marpolbul.2009.06.014
49. Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Bjorn, A., et al. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 2027-2045. doi:10.1098/rstb.2008.0284
50. Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., Thompson, R. C. (2013).

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]

Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. Current Biology, 23, 2388-2392. doi:10.1016/j.cub.2013.10.012
51. Bakir, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin, 64, 2782-2789. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.09.010
52. Gouin, T., Roche, N., Lohmann, R., Hodges, G. (2011). A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. Environmental Science and Technology, 45, 1466-1472. doi:10.1021/es1032025
53. Koelmans, A. A., Besseling, E., Wegner, A., Foekema, E. M. (2013). Plastic as a carrier of POPs to aquatic organisms: A model analysis. Environmental Science and Technology, 47, 7812-7820. doi:10.1021/es401169n
54. Rochman, C. M. (2015). The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In M. Bergmann., L. Gutow., M. Klages (Eds.), Marine anthropogenic litter (pp. 117-140). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-319-16510-3_5
55. Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., et al. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 2047-2062. doi:10.1098/rstb.2008.0242
56. Thompson, R. C., Moore, C., vom Saal, F. S., Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364, 2153-2166. doi:10.1098/rstb.2009.0053
57. Rochman, C. M., Browne, M. A. (2013). Classify plastic waste as hazardous. Nature, 494, 169-171. doi:10.1038/494169a
58. Tanaka, K., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Fukuwaka, M., Watanuki, Y. (2013). Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. Marine Pollution Bulletin, 69, 219-222. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.12.010
59. Hasani, D., Bahrami, M., Ghasemifard, L. (2022). 'Food Pyramid According to Persian Medicine's Point of View and its Comparison with Modern Medicine', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 163-165. doi: 10.22034/ncm.2022.327031.1008
60. Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., Bradford, B. P. (1972). Polystyrene spherules in coastal waters. Science, 178, 749-750. doi:10.1126/science.178.4062.749
61. Colton, J. B., Knapp, F. D., Burns, B. R. (1974). Plastic particles in surface waters of the Northwestern Atlantic. Science, 185, 491-497. doi:10.1126/science.185.4150.491
62. Browne, M. A., Galloway, T. S., Thompson, R. C. (2010). Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. Environmental Science and Technology, 44, 3404-3409. doi:10.1021/es903784e
63. Rajabipoor Meybodi, A., Mohammadi, M., Arjmandi, H. (2022). 'A Qualitative Approach to Ethical Challenges of Iranian Nurses during the COVID-19 Pandemic', Novelty in Clinical Medicine, 1(3), 156-162. doi: 10.22034/ncm.2022.336675.1035
64. Reddy, M. S., Basha, S., Adimurthy, S., Ramachandraiah, G. (2006). Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang-Sosiya ship-breaking yard, India. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 68, 656-660. doi:10.1016/j.ecss.2006.03.018
65. Noren, F. (2008). Small plastic particles in coastal Swedish waters (p. 11). Lysekil: KIMO Sweden.
66. Plastics Europe. (2011). Plastics the facts 2011. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2010, Plastics Europe, p. 32.
67. Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., et al. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. PLoS ONE, 9, 111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913
68. Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S., et al. (2014). Plastic debris in the open ocean. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111, 10239-10244. doi:10.1073/pnas.1314705111
69. Jambeck J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R, Perryman, M., Andrady, A., et al. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347, 6223, 768-771. doi:10.1126/science.1260352
70. Thompson, R. C., Moore, C., Andrady, A., Gregory, M., Takada, H., Weisberg, S. (2005). New directions in plastic debris. Science, 310, 1117. doi:10.1126/science.310.5751.1117b
71. STAP. (2011). Marine debris as a global environmental problem: Introducing a solutions based framework focused on plastic. In a STAP information document (p. 40). Washington, DC: Global Environment Facility.
72. Galgani, F., Souplet, A., Cadiou, Y. (1996). Accumulation of debris on the deep sea floor off the French Mediterranean coast. Marine Ecology Progress Series, 142, 225-234. doi:10.3354/meps142225
73. Zettler, E. R., Mincer, T. J., Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the "Plastisphere": Microbial communities on plastic marine debris. Environmental Science and Technology, 47, 7137-7146. doi:10.1021/es401288x

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-09-10]

[DOI: 10.30491/4.2.79]