# میکروپلاستیک‌ها در محیط زیست آبی و نگاهی به این آلاینده‌ها در زیست بوم دریایی ایران

سپیده کی پور

**چکیده**

استفاده گسترده بشر از مواد پلاستیکی در سراسر جهان و عدم امحای کامل زباله‌های به وجود آمده از آن و به دنبال آن پخش وسیع این زباله‌ها در اکوسیستم‌های مختلف، منجر به ایجاد نوعی از آلودگی به نام آلودگی پلاستیکی شده است. این آلودگی بر حسب اندازه، شامل آلودگی به ماکرو پلاستیک‌ها و آلودگی به میکرو پلاستیک‌ها می‌باشد. به دلیل همجواری شهرهای بزرگ با سواحل، این مواد به اکوسیستم‌های آبی نیز وارد شده‌اند. میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم‌های مختلف آبی، در آب شیرین، محیط دریایی، قطب شمال، تا اعماق دریا، رسوبات بستر و سطوح مختلف آب یافت شده‌اند. علاوه بر حضور در اکوسیستم، اثر وجود این آلاینده در محیط نیز مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است و منجر به درک اثرات متفاوت آن بر جانداران این اکوسیستم‌ها و اثبات حضور در سطوح مختلف زنجیره غذایی نیز گردیده است. پهنه‌های آبی کشور ایران نیز از این آلودگی در امان نبوده و وجود این ذرات در رسوبات، سطح آب و جانداران این اکوسیستم‌ها به تأیید رسیده است.

**کلمات کلیدی:** آلودگی، میکرو پلاستیک، موجودات آب‌زی، اکوسیستم آبی، آب، پلاستیک.

## مقدمه

در طول قرن گذشته افزایش نمایی در تقاضا و تولید پلاستیک وجود داشته است. در حال حاضر مقدار قابل توجهی از زباله‌های پلاستیکی در سواحل، بستر دریا و در سطح آب یافت می‌شوند. بخش بزرگی از زباله‌ها بر بستر دریا اغلب پلاستیکی هستند، به عنوان مثال در مطالعه‌ای در ژاپن زباله‌های پلاستیکی ۸۵-۸۰٪ زباله‌های کف دریا را تشکیل داده‌اند و این نوع زباله‌ها تا ۹۸٪ زباله‌های دریایی را در سواحل شامل می‌شوند. زباله‌های پلاستیکی، محیط‌های دریایی را از مناطق قطبی تا استوایی آلوده کرده‌اند و به صورت شناور در سطح آب، بر بستر دریا و نوارهای ساحلی یافت می‌شوند. مواد پلاستیکی شایع‌ترین ترکیب ۸۰-۶۰ درصد تمام زباله‌های دریایی هستند (Nerland et al., 2014). این نوع از آلودگی به دلیل آنکه یک تهدید برای حیات وحش است و می‌تواند اثرات اقتصادی مهمی در ماهیگیری داشته باشد مورد توجه و اهمیت قرار دارد. موارد زیادی در مورد اثرات قطعات پلاستیکی بزرگ (ماکرو پلاستیک‌ها) در محیط‌های دریایی گزارش شده است. طیف وسیعی از گونه‌های دریایی، از جمله پرندگان، لاک پشت‌های دریایی و پستانداران دریایی به دلیل گرفتاری در پلاستیک‌ها و یا مصرف آن‌ها، تحت تأثیر قرار می‌گیرند و ... و با عواقبی از جمله اختلال حرکت، کاهش توانایی تغذیه، خروجی تولید مثل، پارگی، زخم و مرگ روبرو می‌شوند (Nerland et al., 2014).

در عین حال، دفع نامناسب، از دست دادن تصادفی و تکه تکه شدن مواد پلاستیکی، منجر به افزایش ذرات کوچک پلاستیکی و الیاف (micro-plastics < ۵ میلی متر) و آلودگی محیط‌زیست شده است. واژه میکرو پلاستیک‌ها (microplas-tics) برای اولین بار توسط تامپسون و همکاران به کار برده شد که حضور پلاستیک را در اندازه حدود ۵۰ میکرومتر در خطوط ساحلی و در ستون آب گزارش نمودند. استفاده از این عبارت شامل تمام اقلام زباله‌های پلاستیکی که کوچکتر از ۵ میلی متر باشند نیز می‌گردد (Arthur et al., 2008).

میکرو پلاستیک‌ها بر اساس منشأ به اولیه و ثانویه گروه بندی می‌شوند. پلاستیک‌هایی که به ابعاد میکروسکوپی ساخته می‌شوند به عنوان میکرو پلاستیک اولیه تعریف شده و معمولاً می‌توانند مستقیماً به عنوان دانه‌های مورد استفاده برای انفجار هوا در اسپری‌ها، به شکل گرانول و پودر، برای تولید محصولات پلاستیکی بزرگ‌تر و نیز اسکرابر (لایه بردار) در تمیزکننده‌های ساینده مورد استفاده در لوازم آرایشی و محصولات پاک کننده، به کار روند؛ در عین حال این مواد در تکنولوژی air blasting، به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. میکرو پلاستیک‌های ثانویه از شکستن پلاستیک‌های بزرگ‌تر در دریا و خشکی به وجود آمده و در گذر زمان طی مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی تجزیه شده و به اجزای کوچکتر تبدیل می‌شوند. با قرار گرفتن پلاستیک در معرض نور خورشید برای مدت زمان طولانی، اشعه ماوراء بنفش موجب اکسیداسیون در ماتریس پلیمر و شکسته‌شدن پیوند می‌شود.

به طور کلی زباله‌های دریایی ناشی از ورود مستقیم یا غیر مستقیم زباله‌های تفکیک نشده به دریاها و اقیانوس‌ها است و ورود میکرو پلاستیک به دریا نیز ناشی از نشت این مواد از محل‌های دفع زباله است. نیمی از جمعیت جهان در ۸۰/۴۶ کیلومتری سواحل مستقر هستند و میکروپلاستیک‌ها پتانسیل بالایی برای ورود به محیط‌زیست دریایی از طریق رودخانه‌ها و سیستم‌های فاضلاب را دارند.

این مواد می‌توانند از طریق زهکشی داخلی و صنعتی به آبراهه‌ها وارد شوند و چون سیستم‌های تصفیه فاضلاب قطعات پلاستیکی بزرگ را به دام می‌اندازند و ذرات کوچک‌تر نیز اکسیده می‌شوند، مقادیر زیادی میکرو پلاستیک می‌توانند از سیستم تصفیه فاضلاب عبور کرده، وارد آبراهه‌ها و رودخانه‌ها شده و نهایتاً به دریا و اقیانوس برسد. گردشگری ساحلی، ماهیگیری تفریحی و تجاری، صنایع

کشتیرانی و صنایع دریایی (نفت و گاز) منابع ورود مستقیم این آلاینده به محیط دریایی هستند و در حال حاضر تورهای ماهیگیری یکی از مهم‌ترین زباله‌های دریایی پلاستیکی محسوب می‌شوند (Cole et al., 2011). اخیراً به موضوع در حال ظهور میکرو پلاستیک‌ها در محیط‌زیست دریایی توجه زیادی شده است

## میکروپلاستیک‌ها در زیست‌بوم‌های آبی

مطالعات در دهه گذشته نشان داده‌اند که میکرو پلاستیک‌ها در محیط‌زیست دریایی در سطح دریا، سواحل و بستر دریا منتشر شده‌اند و فراوانی آن‌ها از دهه ۱۹۶۰ افزایش یافته است (Nerland et al., 2014). این نوع آلودگی در همه جا و به صورت مداوم در اقیانوس‌های جهان وجود دارد و آشکارا موجودات زنده دریایی را به دلیل حضور مستند خود در همه اکوسیستم‌های دریایی، زمان اقامت طولانی و گرایش به مصرف توسط موجودات زنده تهدید می‌کنند (Arthur et al., 2008).

در محیط‌زیست دریایی، ضایعات میکرو پلاستیک‌ها در زیستگاه‌های طبیعی از قطب تا قطب و از سطح اقیانوس به بستر زیاد شده، مهاجرت و تجمع می‌یابند. همچنین این ضایعات در سواحل شهری و رسوبات بکر و دست نخورده ته‌نشین می‌شوند (Thompson et al., 2004). بررسی حضور این ذرات در رسوبات سواحل کشور بلژیک (لنگرگاه‌های ساحلی، سواحل و مناطق زیر جزرومدی)، حاکی از پراکنش این ذرات در این مناطق و نیز مقدار زیاد آنان به خصوص در لنگرگاه‌ها است (Claessens et al., 2011). حضور این ذرات در رسوبات تالاب نیز مورد توجه بوده و مقادیر بالای میکرو پلاستیک‌ها به خصوص در مناطق نزدیک به خشکی گزارش شده است (Vianello et al., 2013). خورهای خلیج مکزیک نیز در مورد آلوده بودن به ذرات میکرو پلاستیک‌ها مطالعه شده و مشخص شد مناطقی که در معرض مستقیم جریانات و جزر و مد هستند مقادیر و تنوع بالاتری از این ذرات را دارند (Wessel et al., 2016). حتی آلودگی رسوبات در دریای عمیق (deep sea) و در اعماق ۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰ متری دریای مدیترانه و اقیانوس اطلس نیز گزارش شده است (VanCauwenberghe et al., 2013).

در سال‌های اخیر این آلودگی در آب‌های شیرین نیز مطرح شده است؛ چنانکه شواهدی مبنی بر وجود میکرو پلاستیک‌ها در رودخانه‌ها و سیستم‌های آب شیرین (Eriksen et al., 2013) و نیز بلع این مواد توسط ماهیان آب شیرین وجود دارد (Silva-Cavalcanti et al., 2017). میکروپلاستیک‌ها به دلیل اندازه کوچک خود، این پتانسیل را دارند تا توسط طیف گسترده‌ای از موجودات دریایی مصرف شوند. این آلاینده‌ها حتی توسط فیتوپلانکتون‌ها نیز مصرف می‌شوند. میکرو پلاستیک‌های متوسط (mμ1) توسط دیاتومه *Skeletonema costatum* جذب شده و بر فتوسنتز و قابلیت رشد آن تأثیر منفی می‌گذارند (Zhang et al., 2016). پلی استایرن در جلبک *Chlorella pyrenoidosa* باعث ایجاد استرس اکسیداتیو شده، موجب تأخیر در رسیدن به فاز لگاریتمی می‌شود، با این حال این جلبک قابلیت جبران این تأخیر را دارا است (Mao et al., 2018). در عین حال میکرو پلاستیک‌ها به صورت متوسط دارای ۴٪ ترکیبات افزودنی هستند؛ این مواد افزودنی یا شیمیایی نیز دارای پتانسیل بالا برای صدمه به محیط‌زیست و حتی سلامت انسان هستند. پتانسیل اثر میکرو پلاستیک‌ها بر محیط‌زیست وابسته به اندازه این آلاینده می‌باشد. با افزایش اندازه میکروپلاستیک‌ها، قدرت جذب آن‌ها (احتمالاً به دلیل افزایش سطح) بیشتر می‌شود. در (Hidalgo-Ruz et al., 2012). این ذرات همه جا حاضر، شکل پایداری داشته و و برای تخریب شدن کامل، به گذشت قرن‌ها نیاز دارند. در واقع میکرو پلاستیک‌ها نتایج اولیه تخریب پلاستیک هستند که به محیط‌زیست منتشر شده‌اند (Fossi et al., 2012).

در بلع این آلاینده توسط موجودات دریایی شناخته می‌شود. رنگ‌های خاصی در جذب شکارچی به طعمه نقش دارند، برخی محققان دریافتند که رنگ آبی، رنگ‌های روشن یا شفاف و سیاه، بیشتر بلعیده می‌شوند (Naji et al., 2019).

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که بی‌مهرگان: سخت پوستان، صدف‌ها، کرم‌ها پرتار و آمفی پودها (Amphipods)، قطعات میکرو پلاستیکی را مصرف خواهند کرد (Thompson et al., 2004). همچنین مشخص شده است که گلوله‌ها و قطعات پلاستیکی، مواد شیمیایی آب گریز از جمله پلی کلرو بی فنیل‌ها (PCBs)، هیدروکربن‌های چند حلقه آروماتیک (PAHs) و nonylphenols را جذب و حمل کرده و این آلاینده را به موجودات منتقل می‌کنند (Rios et al., 2007). این ذرات می‌توانند اثرات فیزیکی و شیمیایی را در موجودات زنده‌ای که آن‌ها را مصرف کرده‌اند، موجب شوند. در صورت بلع، این آلاینده ممکن است از روده عبور کرده و یا در دستگاه گوارش حفظ شده و باقی بماند (Browneet al., 2007). ممکن است الیاف به هم گره خورده و انبوه شوند که در صورت مسدود نمودن ضمائم گوارشی و با تأخیر انداختن عبور غذا می‌تواند خطرناک باشد (Lusher et al., 2013). این آلاینده‌ها می‌توانند توسط ماسل‌ها (*Mytilus edulis*) بلعیده شده و در بافت بدن جای بگیرند و تا ۴۸ روز نیز باقی بمانند (Brown et al., 2007). بلع میکرو پلاستیک‌ها توسط موجودات دیگر (کرم‌های پرتار، بارناکل‌ها، آمفی پودها و خیارهای دریایی) نیز در آزمون‌های آزمایشگاهی مورد تایید قرار گرفته است (Thompson et al., 2004).

انتقال میکرو پلاستیک‌ها در زنجیره غذایی و جانمایی میکرو پلاستیک‌ها در بدن موجود دریایی نیز مورد توجه بوده است و انتقال این ذرات از ماسل *Mytilus edulis* به گونه‌ای خرچنگ *Carcinus maenas* و حضور این ذرات نه تنها در معده بلکه در تخمدان، همولنف و آبشش‌های خرچنگ نیز مشاهده شده است (Nelson and Farrell, 2013). Setälä و همکاران نیز انتقال میکرو پلاستیک‌ها را در شبکه غذایی زئوپلانکتون‌های دریای بالتیک در آزمایشگاه بررسی نموده و انتقال این ذرات را در طی سطوح غذایی پلانکتون‌ها نشان داده‌اند (Setälä et al., 2014). در عین حال مجاورت کوتاه مدت (۵ روزه) با میکرو پلاستیک از نوع پلی استایرن موجب تجمع این ذرات در بافت آبشش، کبد و روده ماهی زبرا شده ولی میکرو پلاستیک‌های کوچک تنها در آبشش مشاهده شدند. تجمع این آلاینده‌ها در کبد، موجب تغییر در متابولیک کبد و بالطبع اختلال در متابولیسم چربی و انرژی می‌گردد. این آلاینده‌ها به عنوان یک عامل استرس اکسیداتیو در این ماهی به عنوان یک ماهی مدل شناخته شده است (Lu et al., 2016).

با این حال تحقیقات محدودی در مورد مصرف میکرو پلاستیک‌ها در محیط طبیعی موجود است. چنانچه Foekema و همکاران با نمونه برداری از ماهیان دریای شمال در ۲ سال متوالی، حضور microplastics را در دستگاه گوارش ماهیان ۷ گونه ماهی پلاژیک (pelagic) شامل: *Gadus morhua*, *Merlangius merlangus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Clupea harengus*, *Trachurus trachurus*, *Eutrigla gurnardus* گزارش نمودند (Foekema et al., 2013). با بررسی محتوی میکرو پلاستیک‌های موجود در دستگاه گوارش ماهیان مناطق جزر و مدی و با توجه به نوع تغذیه ماهیان این منطقه، ثابت شده که ماهیان همه چیزخوار، میکرو پلاستیک بیشتری نسبت به ماهیان گیاهخوار مصرف می‌کنند (Mizraji et al., 2017).

حضور این آلاینده در موجودات بالای زنجیره غذایی مانند کوسه و نهنگ نیز بررسی شده است؛ اخیراً مصرف این ذرات توسط کوسه ماهی *Galeus melastomus* در دریای مدیترانه گزارش شده است (Alomar and Deudero, 2017). در یک مطالعه موردی بر روی نهنگ‌های دریای مدیترانه گونه *Balaenoptera physalus* و منابع غذایی آنان و نیز بررسی میکرو پلاستیک‌ها در محیط زندگی این موجودات، غلظت بالای میکرو پلاستیک‌ها در محیط آبی و در فیتوپلانکتون‌ها مشاهده شده، همچنین در بافت چربی زیر پوست (blubber) نهنگ‌های به خشکی آمده میکرو پلاستیک

از جنس فتالات شناسایی شده و مشخص شد که این نوع ازمیکرو پلاستیک‌ها می‌توانند به عنوان یک ردیاب در جذب میکرو پلاستیک‌ها محسوب شوند (Fossi et al., 2012).

## آلودگی به میکرو پلاستیک‌ها در آب‌های ایران

در دهه اخیر همگام با مطالعات جهانی، در آب‌های ایران چندین تحقیق منطقه‌ای در خزر، دریای عمان و خلیج فارس در مورد حضور و آلودگی به میکرو پلاستیک‌ها انجام شده است.

بررسی حضور و پراکنش میکرو پلاستیک‌ها در آب‌های سطحی و رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر، وجود این ذرات آلاینده را به شکل ذرات ریز و صاف و از انواع پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی استایرن، مشخص نمود. بیشترین و کمترین مقدار این ذرات در ستون آب در شهر نور و بابلسر شناسایی شده و بیشترین مقدار این آلاینده‌ها در رسوبات ساحلی شهرهای نور و نوشهر یافت گردید (Mataji et al., 2019). با مطالعه رسوبات سطحی سواحل نور در دریای خزر، میکرو پلاستیک‌ها به شکل پلت رزین بیشترین نوع این آلاینده تشخیص داده شدند (Masoud-nik et al., 2017). البته با توجه به وجود گسترده زباله‌های ماکرو پلاستیکی در نوار ساحلی دریای خزر و حضور تقریباً دائمی گردشگران در منطقه، آلودگی میکرو پلاستیکی در رسوبات و بالطبع موجودات دریایی بخصوص شکم پایان و لجن خواران نواحی مطالعه نشده دور از ذهن نیست، گرچه مطالعات میدانی مورد نیاز است.

اخیراً در مطالعه‌ای بر رسوبات ساحلی در دریای عمان، ذرات میکرو پلاستیک از نوع پلی اتیلن، پلی پروپیلن و نایلون، عمدتاً به صورت رشته‌ای و فیبر و به رنگ‌های سفید، سیاه، آبی، قرمز و سبز یافت شده‌اند که شاهدی بر آلودگی این منطقه بوده (Kor et al., 2020) و آلودگی سواحل تنگه هرمز به میکرو پلاستیک‌ها نیز مشاهده شده است (Naji et al., 2017). با مطالعه رسوبات ساحلی جزیره خارک، آلوده بودن رسوبات این جزیره نفتی به این ذرات اثبات شده و میکرو پلاستیک‌ها به عنوان یک حامل بالقوه برای دیگر آلاینده‌ها شناخته شدند و بین میزان میکرو پلاستیک‌ها در رسوبات ساحلی و غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای ارتباط مستقیم برقرار است (Akhbarizadeh et al., 2016).

ذرات میکرو پلاستیک با اشکال و انواع متنوعی در رسوبات سطحی بندرعباس یافت شده و رابطه مشخصی بین کل میکرو پلاستیک‌ها، اندازه رسوبات و فلزات سنگین مشاهده شده ولی برخلاف مطالعه Akhbarizadeh، رابطه‌ای بین میکروپلاستیک‌ها و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای وجود نداشت. در مطالعه دیگری در همین منطقه انواع مختلف میکرو پلاستیک‌ها شامل پلی استایرن، پلی اتیلن ترفتالیت، پلی پروپیلن و پلی اتیلن یافت شده و تفاوت معنی‌داری در مقادیر میکرو پلاستیک‌ها در نواحی مورد استفاده انسان و نواحی بکر مشخص گردیده است (Nabizadeh et al., 2019).

میکرو پلاستیک‌های کوچک (کوچکتر از ۱ میلیمتر) در رسوبات جنگل‌های مانگرو در بندر لنگه، بندر گلکان، بندر انگور، مارو و لشتقان شناسایی شده است و عمدتا به رنگ سیاه و آبی مشاهده شدند (Naji et al., 2019).

با توجه به اهمیت اکولوژیکی این جنگل‌ها و حضور گونه‌های متفاوت موجودات دریایی، این ذرات توسط موجودات دریایی بالاخص لجن خواران (deposit feeders) با غذا اشتباه گرفته شده و بلعیده می‌شوند. با مطالعه ۱۵ نقطه در کل آب‌های سطحی خلیج فارس (آب‌های ایران) در گشت دریایی مؤسسه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی در سال ۲۰۱۸ میکرو پلاستیک‌های یافت شده بیشتر از نوع پلی اتیلن و پلی پروپیلن و به صورت رشته‌ای بوده و اکثراً به رنگ سفید یا آبی گزارش شدند (Kor and Mehdinia, 2020). شواهدی نیز از انتقال این آلاینده‌ها در زنجیره غذایی منطقه خلیج فارس در دست بوده و آلودگی ۵ گونه نرم تن صدفدار *Cerithidea cingulata, Thais mutabilis, Amiantis umbonella, Amiantis purpuratus* و *Pinctada radiata* به میکرو پلاستیک‌ها در مناطق بندر لنگه، انگور و گلکان گزارش شده و حضور ذرات پلی اتیلن، پل اتیلن ترافتالت و نایلون در بافت نرم این دوکفه‌ای‌ها و شکم پایان دیده شده است (Naji et al., 2018).

در عین حال با بررسی و سنجش حضور میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش شش گونه ماهی ارزشمند خلیج فارس، وجود این آلاینده‌ها در گونه‌های *Sillago sihama, Diagramma pictum, Lutjanus johnii, Otolithes ruber* و *Epinephelus coioides* (Ghattavi and Naji ,2019). با توجه به نوع تغذیه ماهیان ذکر شده، ماهیانی که عمدتاً از بی‌مهرگانی مانند سخت پوستان کفزی و نرم تنان تغذیه می‌کنند نسبت به گونه‌هایی که عمدتاً از ماهی تغذیه می‌کنند، دارای مقادیر بیشتری از میکرو پلاستیک‌ها در دستگاه گوارش خود بودند. این مسئله خود می‌تواند نشانه آلودگی رسوبات و حتی وجود این آلاینده در موجودات پایین زنجیره غذایی در مناطق مطالعه نشده نیز باشد.

آلودگی زیست بوم دریایی ایران به میکرو پلاستیک‌ها و خطرات جانبی آن بر موجودات دریایی مشخص بوده و مطالعات بیشتری در مورد تأثیر این آلودگی بر تولید مثل گونه‌های ارزشمند این پهنه‌های آبی مورد نیاز است؛ چه بسا این آلودگی از دلایل کاهش ذخایر آبزیان باشد. با تجمیع موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که آلودگی میکرو پلاستیکی به عنوان یک آلودگی جدید در محیط‌های آبی کشور باید مورد توجه قرار گرفته و تا حد امکان از آلوده شدن بیشتر اکوسیستم جلوگیری به عمل آورد. Eriksen و همکاران روش‌های مختلفی برای کاهش ورود میکرو پلاستیک‌ها به محیط پیشنهاد دادند که عبارتند از: جایگزینی میکرو پلاستیک‌ها با دیگر مواد غیر مضر در صنایع آرایشی بهداشتی، مهار و بازیابی این ذرات و جایگزینی با مواد دیگر در ساینده های صنعتی، بهبود و ارتقا فیلتر کننده‌ها در شستشو دهنده‌های صنعتی، بهبود و ارتقا سیستم‌های تصفیه کننده فاضلاب و رواناب با منشأ خشکی، قانون گذاری بهتر و اجرای بهتر قانون برای بهره‌برداری از زباله‌ها (Eriksen et al., 2018). با توجه به گران قیمت بودن و اینکه عمل به تمام این موارد (در صورت قابل انجام بودن)، نیازمند به زمان طولانی است، در دسترس‌ترین و ارزان‌ترین راه پیشگیری آلودگی، مدیریت دفع زباله و جمع

آوری ماکـرو پلاسـتیک‌ها از اطـراف رودخانه‌هـا، سـواحل و نیـز پاکسـازی نـوار سـاحلی اسـت. بدیـن شـکل تـا حـدی از تخریـب ماکـرو پلاسـتیک‌ها بـه وسـیله اشـعه آفتـاب و عوامـل فیزیکـی و در نتیجـه تبدیـل بـه میکـرو پلاسـتیک‌ها و نشـر بـه رسـوبات و سـطوح آب و در نتیجـه موجـودات دریایـی و حتـی انسـان جلوگیـری می‌شـود.

## منابع


**1.** Akhbarizadeh, R., Moore, F., Keshavarzi, B., & Moeinpour, A. (2017). Microplastics and potentially toxic elements in coastal sediments of Iran's main oil terminal (Khark Island). Environmental Pollution, 220, 720-731.

**2.** Alomar, C., & Deudero, S. (2017). Evidence of microplastic ingestion in the shark Galeus melastomus Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean Sea. Environmental pollution, 223, 223-229.

**3.** Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2008). International research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. In Conference Proceedings. Sept (pp. 9-11).

**4.** Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic—an emerging contaminant of potential concern?. Integrated Environmental Assessment and Management: An International Journal, 3(4), 559-561.

**5.** 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, 62(10), 2199-2204.

**6.** Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Marine pollution bulletin, 62(12), 2588-2597.

**7.** Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., ... & Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Marine pollution bulletin, 77(1-2), 177-182.

**8.** Eriksen, M., Thiel, M., Prindiville, M., & Kiessling, T. (2018). Microplastic: what are the solutions. Freshwater Microplastics. Springer, Cham, 273-298.

**9.** Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: Mytilus edulis (L.) to Carcinus maenas (L.). Environmental pollution, 177, 1-3.

**10.** 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 & technology, 47(15), 8818-8824.

**11.** Foshtomi, M. Y., Oryan, S., Taheri, M., Bastami, K. D., & Zahed, M. A. (2019). Composition and abundance of microplastics in surface sediments and their interaction with sedimentary heavy metals, PAHs and TPH (total petroleum hydrocarbons). Marine Pollution Bulletin, 149, 110655.

**12.** Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., & Minutoli, R. (2012). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (Balaenoptera physalus). Marine Pollution Bulletin, 64(11), 2374-2379.

**13.** Ghattavi, K., & Naji, A. (2019). Assessment of microplastic in the gastrointestinal tract of some fish caught for human consumption in Bandar Abbas, the Persian Gulf. Iranian Journal of Health and Environment, 12(3), 449-460.

**14.** 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 & technology, 46(6), 3060-3075.

**15.** Kor, K., & Mehdinia, A. (2020). Neustonic microplastic pollution in the Persian Gulf. Marine pollution bulletin, 150, 110665.

**16.** Kor, K., Ghazilou, A., & Ershadifar, H. (2020). Microplastic pollution in the littoral sediments of the northern part of the Oman Sea. Marine Pollution Bulletin, 155, 111166.

**17.** Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., ... & Ren, H. (2016). Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (Danio rerio) and toxic effects in liver. Environmental science & technology, 50(7), 4054-4060.

**18.** Lusher, A. L., Mchugh, M., & Thomp-

**28.** Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin, 54(8), 1230-1237.
**29.** Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. Environmental pollution, 185, 77-83.
**30.** Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., de França, E. J., de Araújo, M. C. B., & Gusmao, F. (2017). Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. Environmental Pollution, 221, 218-226.
**31.** Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. Science, 304(5672), 838-838.
**32.** Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. Environmental pollution, 182, 495-499.
**33.** Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., & Da Ros, L. (2013). Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 130, 54-61.
**34.** Wessel, C. C., Lockridge, G. R., Battiste, D., & Cebrian, J. (2016). Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. Marine Pollution Bulletin, 109(1), 178-183.
**35.** Zhang, C., Chen, X., Wang, J., & Tan, L. (2017). Toxic effects of microplastic on marine microalgae Skeletonema costatum: interactions between microplastic and algae. Environmental pollution, 220, 1282-1288.
son, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. Marine pollution bulletin, 67(1-2), 94-99.
**19.** Mao, Y., Ai, H., Chen, Y., Zhang, Z., Zeng, P., Kang, L., ... & Li, H. (2018). Phytoplankton response to polystyrene microplastics: perspective from an entire growth period. Chemosphere, 208, 59-68.
**20.** Masoudnik, M., Riyahi Bakhtiari, A., & Abdollahi, M. (2017). Investigating Abundance, Distribution and Accumulation of Plastic Resin Pellets and Fragments in the Caspian Sea: A Case Study of Noor Shores. Journal of Oceanography, 8(29), 43-53.
**21.** Mataji, A., Taleshi, M. S., & Balimoghaddas, E. (2020). Distribution and Characterization of Microplastics in Surface Waters and the Southern Caspian Sea Coasts Sediments. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 78(1), 86-93.
**22.** Mizraji, R., Ahrendt, C., Perez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., ... & Galbán-Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut?. Marine pollution bulletin, 116(1-2), 498-500.
**23.** Nabizadeh, R., Sajadi, M., Rastkari, N., & Yaghmaeian, K. (2019). Microplastic pollution on the Persian Gulf shoreline: A case study of Bandar Abbas city, Hormozgan Province, Iran. Marine pollution bulletin, 145, 536-546.
**24.** Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S. A., & Vethaak, A. D. (2017). The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. Environmental Science and Pollution Research, 24(25), 20459-20468.
**25.** Naji, A., Nuri, M., & Vethaak, A. D. (2018). Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. Environmental pollution, 235, 113-120.
**26.** Naji, A., Nuri, M., Amiri, P., & Niyogi, S. (2019). Small microplastic particles (S-MPPs) in sediments of mangrove ecosystem on the northern coast of the Persian Gulf. Marine pollution bulletin, 146, 305-311.
**27.** Nerland, I. L., Halsband, C., Allan, I., & Thomas, K. V. (2014). Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects.