Review Article

Shil 7(1): 1-9 (2022)

Print ISSN: 2588-5626/Online ISSN: 2538-4147

https://shilsj.ut.ac.ir/

مقاله مروری

شیل

جلد ۷، شماره ۱، صفحات ۱ الی ۹ (۱۴۰۱)

انجمن شیلات دانشگاه تهران

میکروپلاستیک‌ها و اثرات آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی و آبزیان

جمال رحیمی*، سید مهرداد حسنی اژدری

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات: جمال رحیمی؛ jamalrahimi@ut.ac.ir

چکیده. تولید جهانی مواد پلاستیکی در ۶۶ سال گذشته روند رو به رشدی داشته است. این افزایش بی‌رویه تولید و مصرف، سبب افزایش میزان زباله‌های پلاستیکی شده است که بیشتر آن‌ها وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند. در محیط آبی دریا این قطعات پلاستیک ممکن است تا بیش از ۵۰ سال باقی بمانند و خطرات بالقوه‌ای برای آبزیان ایجاد کنند. با این حال به تدریج با تخریب مکانیکی و نوری به قطعات کوچکتری تجزیه می‌شوند که به آن‌ها میکروپلاستیک گفته می‌شود. میکروپلاستیک‌ها به عنوان آلاینده‌های نوظهور و کمتر شناخته شده، طی چند دهه اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند. این آلاینده‌ها به قطعات پلاستیکی با قطر کمتر از ۵ میلی‌متر گفته می‌شود که از راه‌های مختلفی به محیط‌های دریایی وارد شده و سلامت جانداران را به خطر می‌اندازند. بر اساس مطالعات انجام شده پلاستیک‌های موجود در دریا باعث مرگ صدها هزار مهره‌دار آبزی می‌شوند. بسیاری از پژوهشگران، مهمترین اثر میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های دریایی را جذب آلاینده‌های شیمیایی بر روی آن‌ها عنوان کرده‌اند. که موجب پایداری محیطی این مواد می‌شوند. در این مطالعه برا اساس بررسی‌های قبلی این آلاینده معرفی و به اثرات آن روی آبزیان اشاره خواهد شد.

واژه‌های کلیدی. آلاینده‌ها، میکروپلاستیک‌ها، اکوسیستم‌های آبی، آبزیان.

Microplastics and their effects on aquatic ecosystems and organisms

Jamal Rahimi*, Seyed Mehhrdad Hasani Azhdari

[1]Depertmment of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Correspondent author: Jamal Rahimi, jamalrahimi@ut.ac.ir

Abstract. Global production of plastic materials has grown rapidly over the past 66 years. This increase in production and consumption led to an increase the plastic waste, most of which enters aquatic systems. In the marine environment, plastic particles can remain for more than 50 years creating potential hazards to the aquatic organisms. However, by mechanical and optical degradation, they gradually break down into smaller particles known microplastics. Microplastics, in the last decades as emerging and lesser-known pollutants, have attracted the attention of many researchers. These pollutants are plastics having a diameter less than 5 mm, which enter the marine environment in various ways and endanger aquatic organisms. Studies show that plastics in the marine systems destroy thousands of aquatic vertebrates. Researchers reported the most severe effect of microplastics in marine environments is the absorption of chemical contaminants, which cause the environmental stability of these materials. This study reviews the recent finding of researchers regarding microplastics and some of their effects on aquatic organisms.

Key words. Pollutants, Microplastics, Aquatic ecosystems, Aquatic organisms.

مقدمه

پلاستیک‌ها و محصولات جانبی آن‌ها به دلیل منافع بسیار، امروزه در زندگی اهمیت زیادی دارند، استفاده از محصولات پلاستیکی، جایگزین مواد مرسومی مانند شیشه، چوب و غیره شده‌اند. خصوصیات منحصر به فرد همراه با قیمت پایین و ساخت آسان، آن‌ها را به ماده مناسبی جهت استفاده در صنعت تبدیل کرده است. این موارد تنها برخی از خصوصیاتی هستند که باعث می‌شوند زباله‌های پلاستیکی برای محیط زیست خطرناک باشند و به عنوان زباله هم در اماکن دفع و هم در محیط زیست آبی تجمع یابند. ضایعات پلاستیکی در اکوسیستم به آهستگی تجزیه می‌شوند، بنابراین، قطعات پلاستیکی که اغلب شناور هستند، به آسانی با جریان‌های اقیانوسی به گردش در می‌آیند و مسافت‌های بیشتری را طی می‌کنند (Plastic Europe, 2006). پلاستیک یک اصطلاح عمومی است که به یک خانواده از پلیمرهای آلی مشتق شده از منابع نفتی از جمله پلی وینیل کلرید، پلی اتیلن، پلی استایرن و پلی پروپیلن اشاره دارد (Anderson *et al.*, 2016) که موادی نرم و انعطاف‌پذیر به شمار می‌روند که قابلیت تبدیل شدن به هر شکلی را دارند (Moore, 2008). این مواد ارزان، سبک، قوی و مقاوم در برابر خوردگی بوده و به عنوان عایق‌های حرارتی و الکتریکی با ارزش بالا، دارای کاربردهای فراوانی هستند (Thompson *et al.*, 2009). تولید جهانی پلاستیک افزایش چشمگیری در طول دهه‌های گذشته داشته است تا جایی که در سال ۲۰۱۷ به ۳۵۰ میلیون تن رسیده است (PlasticsEurope, 2018). مقادیر پیش‌بینی شده تولید پلاستیک در کشورهای اصلی تولید کننده این مواد از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۵۰ در شکل ۱ نشان داده شده است.

کاربرد پلاستیک‌ها تقریباً شامل تمام جنبه‌های زندگی مدرن، از جمله بسته‌بندی، ساخت‌وساز، خودرو، لوازم الکترونیکی و الکتریکی، لباس، کشاورزی و غیره است (PlasticsEurope, 2018). رشد پایدار در تولید و کاربرد این مواد منجر به افزایش مقدار ضایعات پلاستیکی آزاد شده در محیط شده است (Barnes *et al.*, 2009). زباله‌های پلاستیکی یا به طور مستقیم به دریا ریخته می‌شوند یا به طور غیرمستقیم از منابع زمینی به محیط دریا می‌رسند. رودخانه‌ها بخش عظیمی از پلاستیک‌های نواحی دور از ساحل را کیلومترها دورتر از محل مصرف به پایین دست رود و نهایتاً به اقیانوس‌ها می‌آورند. مدیریت ضعیف محل های دفن زباله، ضایعات پلاستیک صنعت کشاورزی، وجود سایت‌های بسته‌بندی و تولید و تبدیل پلاستیک در نزدیکی سواحل از منابع آلاینده دیگر محسوب می شوند. به‌طوریکه هرسال تقریباً ۱۰ درصد از تولید سالانه یعنی حدود ۸/۵ میلیون تن پلاستیک (به عنوان زباله) در به اقیانوس‌ها ریخته می‌شوند (Avio *et al.*, 2015).

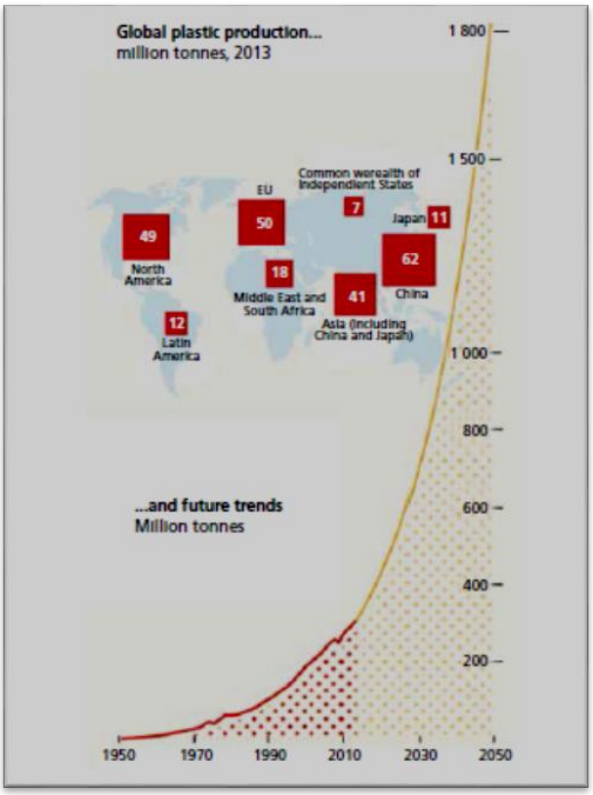
زباله‌های پلاستیکی در گستره وسیعی از اندازه‌ها، در محدوده میکرومتر تا متر، وارد محیط آبی می‌شوند (Barnes *et al.*, 2009). پسماندهای پلاستیکی موجود در اکوسیستم‌های آبی بر اساس اندازه به دو دسته ماکرو و میکروپلاستیک تقسیم‌بندی می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها در واقع ذرات پلیمری هستند که در آب نامحلول و جامد بوده و اندازه‌ای کمتر از ۵ میلی-متر دارند (Andrady, 2011; Bergmann *et al.*, 2015). هر چند که در برخی منابع ذرات پلاستیکی کمتر از ۱ میلی‌متر را برای میکروپلاستیک پیشنهاد کرده‌اند (Mehrabadi *et al.*, 2019). این مواد به اندازه‌ای کوچک هستند که توسط موجودات مورد استفاده قرار می‌گیرند و در زنجیره غذایی تجمع پیدا می‌کنند (Cole *et al.*, 2011). برآورد شده است که سالانه حدود ۲۴۵ تن ذرات میکروپلاستیک تولید می‌شود که وارد محیط‌های آبی می‌شوند (Auta *et al.*, 2017). میکروپلاستیک‌ها تقریباً در تمام انواع زیستگاه‌های آبی توزیع می‌شوند و آن‌ها را در دسترس

طیف وسیعی از موجودات آبزی، از جمله ماهی قرار می‌دهند (Baldwin *et al.*, 2016; Dai *et al.*, 2018). به دلیل اندازه کوچک و شباهت آن‌ها به مواد غذایی طبیعی، ذرات میکروپلاستیک به آسانی توسط ماهی به صورت تصادفی و یا عمدی مصرف می‌شوند (Crawford and Quinn, 2017). طبق تحقیقات انجام شده، مصرف میکروپلاستیک‌ها در ۱۵۰ گونه ماهی از هر دو سیستم آب شیرین و دریایی گزارش شده است (Jabeen *et al.*, 2017). بلعیدن میکروپلاستیک‌ها نه تنها باعث ایجاد اثرات فیزیکی برای ماهی می‌شود (به عنوان مثال آسیب مکانیکی و انسداد دستگاه گوارش)، بلکه یک مسیر بالقوه برای معرفی برخی مواد خطرناک را در زنجیره غذایی آبزیان فراهم می‌کند (Wright and Kelly, 2017). از آنجایی که ماهی یک منبع پروتئینی مهم برای انسان است، حضور و اثرات اکوتوکسیکولوژی میکروپلاستیک‌ها در ماهی‌ها ممکن است پیامدهایی بر ایمنی غذای آبزیان داشته باشد (Wright and Kelly, 2017; Barboza *et al.*, 2018). بنابراین مطالعه حاضر ضمن معرفی میکروپلاستیک‌ها، اثرات زیان‌بار آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی بر جانداران آبزی را مورد بررسی قرار می‌دهد.

میکروپلاستیک‌ها: اصطلاح میکروپلاستیک برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ برای توصیف قطعات بسیار کوچک در ستون آب و در رسوبات استفاده شد (Thompson *et al.*, 2004). عامل کلیدی که باعث جذب میکروپلاستیک‌ها می‌شود اندازه‌ی کوچک آن‌ها است که باعث در دسترس قرار گرفتن آن در ریز موجودات می‌شود (Wright *et al.*, 2013). هر شیء پلاستیکی که وارد اکوسیستم آبی می‌شود در طول زمان به قطعات کوچک‌تر تبدیل می‌گردد. هر چه این مواد پلاستیکی کوچک‌تر شوند، تعداد آن زیادتر شده و جذب آن‌ها توسط موجودات دریایی زیادتر خواهد بود (Wang *et al.*, 2016). اندازه ماکرو، مزو و میکروپلاستیک‌ها در شکل ۲ به تفکیک ارائه شده است (Van Cauwenberghe *et al.*, 2015).

میکروپلاستیک‌ها را با توجه به نحوه تولیدشان به دو نوع اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌کنند: میکروپلاستیک‌های اولیه، پلاستیک‌هایی هستند که به طور هدفمند در ابعاد میکرو ساخته شده و مستقیماً وارد محیط‌زیست می‌شوند. به عنوان مثال در محصولات صنعتی و خانگی مانند تمیزکننده‌های دست و صورت، لوازم آرایشی و بهداشتی و خمیردندان از میکروپلاستیک‌ها استفاده می‌شود. میکروپلاستیک‌های ثانویه حاصل تجزیه شدن و خرد شدن ماکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی و خشکی هستند. پلاستیک‌ها تحت تجزیه مکانیکی (فرسایش، تأثیر امواج، سایش)، تجزیه شیمیایی (اکسیداسیون، گرما، خوردگی) و تجزیه زیستی (تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها) به ذراتی در حد میکرو و نانو تبدیل می‌شوند. حضور فاکتورهایی مانند نور فرابنفش و دمای بالا سرعت تبدیل ماکروپلاستیک به میکروپلاستیک را در محیط های آبی سرعت می‌بخشد (Karbalaei *et al.* 2018). انواع عمده پلیمر میکروپلاستیک‌ها شامل پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی استایرن، پلی استر و پلی وینیل کلرید است که با تولید انبوه و استفاده گسترده از این پلیمرها در سراسر جهان مرتبط است (Obbard *et al.*, 2014; Horton *et al.*, 2017).

آلودگی میکروپلاستیک‌ها در اکوسیستم‌های آبی: آلودگی میکروپلاستیک‌ها در اکوسیسم‌های آب شیرین و دریایی به دلیل توزیع همه جانبه و خطرات بالقوه آن‌ها برای آبزیان، نگران‌کننده است. میکروپلاستیک‌ها در محدوده وسیعی از بخش‌های آبی، از جمله آب سطحی، ستون آب با عمق مختلف، رسوبات کف و حتی هسته یخ در مناطق قطبی وجود دارند. این مواد در محیط آبی به طور قابل‌توجهی از نظر رنگ متفاوت بوده که نشان‌دهنده منابع متنوع

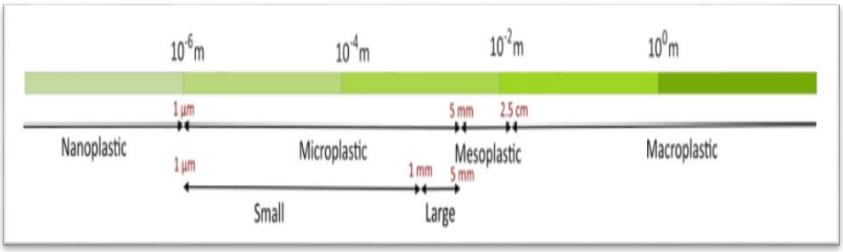


شکل ۱- پیش‌بینی تولید جهانی پلاستیک از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ (Lusher *et al.*, 2017).

آن‌ها است. به عنوان مثال، الیاف شفاف ممکن است از تجزیه خطوط و یا تورهای ماهیگیری ناشی شوند، در حالی که ذرات رنگی به احتمال زیاد از سایش و یا تکه‌تکه شدن برخی از کالاهای پلاستیکی مانند پوشاک و ظروف بسته‌بندی مشتق می‌شوند (Wang *et al.*, 2017; Abidli *et al.*, 2018).

پلاستیک‌ها به واسطه نور خورشید، فرایندهای مکانیکی و فیزیکی یا تاثیر میکروب‌ها به ذرات میکروپلاستیک تجزیه می‌شوند. میکروپلاستیک‌های اولیه از طریق تصفیه فاضلاب‌ها، انتقال از محیط خشکی به وسیله سیل، طوفان، باد و یا به واسطه فعالیت در نواحی ساحلی وارد آب‌ها شوند. منابع خشکی بیشترین میزان میکروپلاستیک موجود در آب‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (Karbalaei *et al.*, 2018). رایج‌ترین شکل موجود میکروپلاستیک‌ها در آب‌های جهانی، الیاف و قطعات پلاستیکی هستند که عمدتاً با تکه‌تکه شدن باقی‌مانده‌های پلاستیکی بزرگ تولید می‌شوند (Eriksen *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2018). فقدان برنامه‌های مدیریت زباله تجمع این مواد پلیمری را در محیط آبی افزایش می‌دهد. با در نظر گرفتن ورودی پیوسته اقلام پلاستیکی و تکه‌تکه شدن تدریجی زباله‌ها، مقادیر میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی در درازمدت روند افزایشی پیدا می‌کند (Barnes *et al.*, 2009; Eriksen *et al.*, 2014).

ورود میکروپلاستیک‌ها به آب عمدتاً توسط فعالیت‌های انسانی هدایت می‌شود. تخمین زده شد که یک شستشوی لباس با استفاده از ماشین لباسشویی خانگی می‌تواند ۱۹۰۰ الیاف میکروپلاستیک فاضلابی تولید کند (Browne *et al.*, 2011). اگر چه کارخانه‌های تصفیه فاضلاب مدرن قادر به حذف نسبت‌های زیادی از میکروپلاستیک‌ها از پساب نهایی هستند، اما هنوز مقدار قابل‌توجهی از میکروپلاستیک‌ها از سیستم‌های دفع فاضلاب عبورکرده و وارد آب‌های دریافت‌کننده می‌شوند (Carr *et al.*, 2016; Murphy *et al.*, 2016). انتشار زمینی

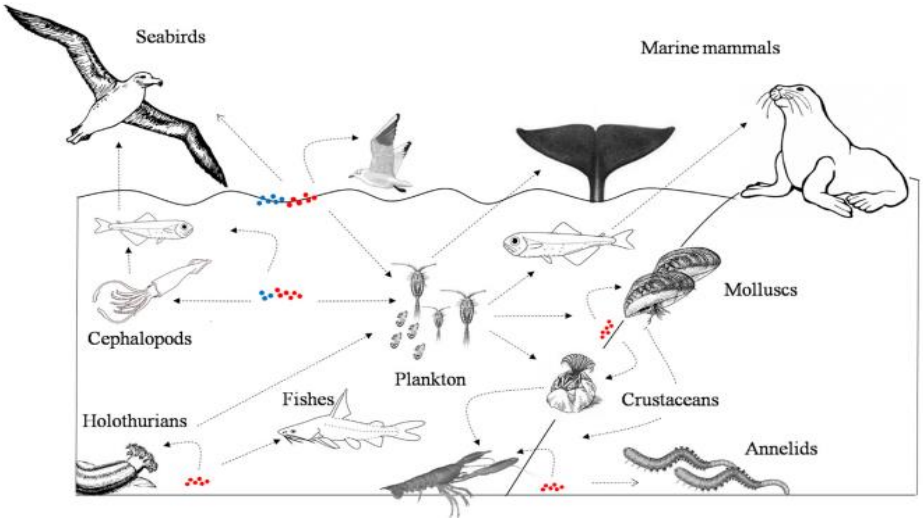


شکل ۲: اندازه پلاستیک‌ها (Van Cauwenberghe *et al.*, 2015).

میکروپلاستیک‌ها از کارخانه‌های تصفیه فاضلاب و منابع مستقیم می‌تواند از طریق رودخانه‌ها به محیط دریا برسند. تکه‌تکه شدن تدریجی مواد پلاستیکی بزرگ یک منبع اضافی از میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی را تشکیل می‌دهند (Galloway and Lewis, 2016). آبزی‌پروری، ماهیگیری، حمل و نقل و گردشگری منابع بالقوه این سازه‌های پلاستیکی به شمار می‌آیند (Cole *et al.*, 2011). بنابراین، وقوع و توزیع میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی می‌تواند بسیار ناهمگن باشد، که تا حد زیادی تحت‌تأثیر تراکم جمعیت انسانی یا فعالیت‌های انسانی در اطراف آب است.

چگالی پلاستیک‌های بکر معمولاً در محدوده ۰/۸ تا ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب است، در حالی که چگالی آب خالص ۱ گرم بر سانتی متر مکعب است (آب دریا ۱/۰۲ تا ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب). پس از ورود به محیط آبی، میکروپلاستیک‌های با چگالی پایین مانند پلی اتیلن و پلی پروپیلن تمایل به شناور شدن در سطح آب دارند، در حالی که ذرات با چگالی بالا مانند پلی وینیل کلرید و پلی استر احتمالا ته-نشین می‌شوند. با این وجود، چگالی میکروپلاستیک‌ها ممکن است با زمان ماندگاری متفاوت باشد، که به دلیل تجمع ناهمگن با دیگر خرده‌ریزه‌ها و تشکیل بیوفیلم‌های روی سطح است (Kooi *et al.*, 2017). صرف‌نظر از تراکم آن‌ها، میکروپلاستیک‌های با اندازه کوچک می‌توانند رفتار ذرات کلوئیدی را نشان داده و در ستون آب معلق شوند (Filella, 2015). شکل میکروپلاستیک‌ها نیز ممکن است رفتار هیدرودینامیکی آن‌ها را تحت‌تاثیر قرار دهد، که ذرات دانه‌ای معمولاً در سطح آب وجود دارند در حالی که الیاف به طور گسترده در ستون آب و رسوب تشخیص داده می‌شوند (Zhang, 2017). با حرکت جریان‌های سطحی و نیروهای باد، میکروپلاستیک‌ها قادر به حرکت در یک فاصله نسبتاً طولانی هستند، که تا حدودی می‌تواند حضور این آلاینده‌های نوظهور در آب‌های جهانی را توجیه کند. گسترش میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های آبی، در دسترس بودن آن‌ها را برای ارگانیسم‌های آبزی که زیستگاه‌های مختلف را اشغال می‌کنند، افزایش می‌دهد.

اثر میکروپلاستیک‌ها بر آبزیان: مصرف میکروپلاستیک‌ها توسط ماهی در محیط‌های آب شیرین و دریایی به طور گسترده‌ای مستند شده است. با این حال، اطلاعات کمی در خصوص اثرات منفی میکروپلاستیک‌ها بر موجودات آبزی موجود است. پلاستیک‌های انباشته شده در محیط‌های دریایی که به قطعه‌های کوچکتر تقسیم شده‌اند باعث افزایش پتانسیل جذب توسط موجودات دریایی کوچکتر می-شود (Boerger *et al.*, 2010). بیشتر شواهد مربوط به مصرف میکروپلاستیک‌ها توسط گونه‌های ماهی، از تجزیه و تحلیل محتویات دستگاه گوارش آن‌ها به‌دست آمد. میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده در محتویات دستگاه گوارش آن‌ها بیان کننده حضور طیف وسیعی از این مواد با تفاوت‌های رنگی، شکلی و نوع پلیمری است (Boerger *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2017). پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلیا ستر و پلی-استایرن، به عنوان بیش‌ترین پلیمرهای تولید شده در



شکل ۳: وضعیت دسترسی جانداران دریایی به میکروپلاستیک‌ها (Ivar do sul and Costa, 2013).

سراسر جهان (PlasticsEurope, 2018)، اغلب در دستگاه گوارش ماهی‌ها وجود دارند (Rummel *et al.*, 2016; Tanaka and Takada, 2016). میکروپلاستیک‌ها می‌توانند از دستگاه گوارش به سیستم گردش خون و از آنجا به ماهیچه‌ها انتقال پیدا کنند (Karlsson *et al.*, 2017). تا به حال بیش از ۶۶۰ گونه دریایی در سراسر جهان شناخته شده‌اند که توسط ضایعات پلاستیکی تحت تاثیر قرار گرفته‌اند (Claessens *et al.*, 2013). میکروپلاستیک‌ها را می‌توان در سطح پایین زنجیره‌ی غذایی جای که پوده خواران، ریزه‌خواران و پلانکتون‌ها نیز وجود دارند، مشاهده کرد (Wright *et al.*, 2013). در صورت بلع میکروپلاستیک‌ها ممکن است مجاری روده مسدود شده و یا در دستگاه گوارش تجمع پیدا کنند که اشتهاء کاذب ایجاد کرده و در نتیجه کاهش نیاز به مصرف غذایی را به دنبال داشته باشد (Lusher *et al.*, 2013).

میکروپلاستیک‌های موجود در اکوسیستم‌های آبی، برای تمام جانداران آبزی از تولیدکنندگان اولیه گرفته تا موجوداتی که سطح غذایی بالاتری هستند در دسترس می‌باشد (شکل ۳)، از دارند (Oliveira *et al.*, 2012; Dehaut *et al.*, 2016). در شکل ۳ نقاط آبی و قرمز به ترتیب بیان کننده میکروپلاستیک‌هایی با چگالی کمتر و بیشتر از آب دریا می‌باشند (Ivar do sul and Costa, 2013).

میکروپلاستیک‌ها می‌توانند حیات موجودات را تحت تاثیر قرار دهند و از طریق مصرف غذاهای دریایی آلوده، به زنجیره‌ی غذایی وارد شوند و تعادل زیستی را مختل کنند (Naji *et al.*, 2017). یکی دیگر از خطرات زیست‌محیطی اولیه مرتبط با میکروپلاستیک‌ها، قابلیت زیست‌پذیری آن‌ها با موجودات آبزی است (Li *et al.*, 2015). از سایر اثرات مضر حضور این مواد در اکوسیستم‌های آبی می‌توان به گرفتگی فیزیکی زیستگاه‌ها و کاهش میزان تغذیه، انسداد روده و خفگی و یا کاهش تحرک در آبزیان اشاره کرد (Pazos *et al.*, 2017). بقایای پلاستیکی در محیط‌های دریایی به طور کلی مقاوم در برابر تخریب میکروبی و شیمیایی هستند (Karlsson *et al.*, 2017).

جذب میکروپلاستیک توسط ماهی می‌تواند مستقیماً به دلیل اشتباه گرفتن این مواد با طعمه طبیعی یا به طور غیرمستقیم از طریق مصرف سایر موجودات حاوی میکروپلاستیک رخ دهد (Romeo *et al.*, 2015; Batel *et al.*, 2016). بعد از مصرف، میکروپلاستیک‌ها بیشتر در سیستم‌های گوارشی ماهی، از جمله معده و روده ذخیره می‌شوند (Wright

and Kelly, 2017). علاوه بر این، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به پوست ماهی بچسبند و یا به بافت‌های دیگر مانند آبشش، کبد و عضله منتقل شوند (Abbasi *et al.*, 2018; Su *et al.*, 2018). ثابت شده‌است که ذرات بسیار ریز پلاستیک می‌توانند از طریق سلول‌های زنده به سیستم گردش خون و یا لنفاوی منتقل شوند که منجر به انتشار میکروپلاستیک‌ها در کل بدن می‌شود (Wright and Kelly, 2017).

بر هم‌کنش میکروپلاستیک‌ها با سایر آلاینده‌ها: میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به عنوان حامل آلاینده های دیگر، از جمله فلزات سنگین عمل کنند (Gregory, 1996) و نه تنها قادر به انتقال آلودگی‌ها می‌باشند، بلکه می‌توانند پایداری آن‌ها را نیز افزایش دهند. این جمله نشانگر اهمیت این مواد به عنوان وسیله‌ای برای انتقال آلودگی‌ها به موجودات دریایی و انسان می‌باشد (Teuten *et al.*, 2009). این ذرات نسبت سطح به حجم نسبتاً زیادی در مقایسه با ماکروپلاستیک‌ها دارند، بنابراین پتانسیل انتقال ترکیبات مختلف قابل توجه است.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصل از مطالعات مختلف که در این مطالعه مورد استناد قرار گرفتند، می‌توان به این نتیجه رسید که: میکروپلاستیک‌ها دسته‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند که در حال گسترش هستند. این آلاینده‌ها از راه‌های مختلفی همچون ورود مستقیم از طریق صنایع و فعالیت‌های شهری، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی، نشت از کشتی‌ها، حمل و نقل و غیره وارد محیط‌های دریایی می‌شوند. به دلیل انتشار مداوم زباله‌های پلاستیکی به محیط‌زیست و تکه‌تکه شدن آن‌ها، تعداد میکروپلاستیک‌ها در آب‌های جهانی روند روبه رشدی را طی می‌کند. از آنجا که پلاستیک‌ها از مواد بسیار آبگریز ساخته شده-اند، آلاینده‌های شیمیایی بر روی سطوح آن‌ها متمرکز می‌شوند و میکروپلاستیک‌ها به عنوان مخزنی از مواد شیمیایی سمی در محیط زیست عمل می‌کنند. با توجه به نقش مهم ماهی به عنوان منبع اصلی پروتئین برای انسان، تحقیقات مستمر برای نشان دادن اثرات اکوتوکسیکولوژی میکروپلاستیک‌ها بر ماهی از سطح فردی به سطح جمعیت، به منظور ارزیابی علمی تهدیدات کلی این آلاینده‌های نوظهور بر گونه‌های ماهی و امنیت غذایی در آب، توصیه می‌شود.

REFERENCES

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.

Abidli, S., Antunes, J.C., Ferreira, J. L., Lahbib, Y., Sobral, P., El Menif, N.T. 2018. Microplastics in sediments from the littoral zone of the north Tunisian coast (Mediterranean Sea). Estuarine, Coastal and Shelf Science 205: 1-9.

Anderson, J. C., Park, B.J., Palace, V.P. 2016. Microplastics in aquatic environments: implications for Canadian ecosystems. Environmental Pollution 218: 269-280.

Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62(8): 1596–1605.

Auta, H.S., Emenike, C.U., Fauziah, S.H. 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. Environment International 102: 165-176.

Avio, C.G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Regoli, F. 2015. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. Environmental Pollution 198: 211-222.

Baldwin, A.K., Corsi, S.R., Mason, S.A. 2016. Plastic debris in 29 Great Lakes tributaries: relations to watershed attributes and hydrology. Environmental Science & Technology 50(19): 10377-10385.

Barboza, L.G.A., Vethaak, A.D., Lavorante, B.R., Lundebye, A.K., Guilhermino, L. 2018. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. Marine Pollution Bulletin 133: 336-348.

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 B: Biological Sciences 364(1526): 1985-1998.

Batel, A., Linti, F., Scherer, M., Erdinger, L., Braunbeck, T. 2016. Transfer of benzo [a] pyrene

methodological and conceptual aspects. Environmental Chemistry 12(5): 527-538.

Galloway, T.S., Lewis, C.N. 2016. Marine microplastics spell big problems for future generations. Proceedings of the National Academy of Sciences 113(9): 2331-2333.

Gregory, M.R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. Marine Pollution Bulletin 32(12): 867-871.

Horton, A.A., Svendsen, C., Williams, R.J., Spurgeon, D.J., Lahive, E. 2017. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK–Abundance, sources and methods for effective quantification. Marine Pollution Bulletin 114(1): 218-226.

Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., Shi, H. 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. Environmental Pollution 221: 141-149.

Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T.R., Cole, M. 2018. Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. Environmental Science and Pollution Research 25(36): 36046-36063.

Karlsson, T.M., Vethaak, A.D., Almroth, B.C., Ariese, F., van Velzen, M., Hassellöv, M., Leslie, H.A. 2017. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: method development and microplastic accumulation. Marine Pollution Bulletin 122(1-2): 403-408.

Kooi, M., Nes, E.H.V., Scheffer, M., Koelmans, A.A. 2017. Ups and downs in the ocean: effects of biofouling on vertical transport of microplastics. Environmental Science & Technology 51(14): 7963-7971.

Li J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., and Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. Environmental Pollution 207: 190-195.

Lusher, A. L., Mchugh, M., and Thompson, 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.

Lusher, A., Hollman, P., Mendoza-Hill, J. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO.

Mehrabadi, A.R., Kazemi, M.J., Haghighat, G.A., Shakeri, H. 2019. Effects of Micro-Plastics in the Environment and Aqueous. Journal of Jiroft University of Medical Sciences 5(2), 1-14.

Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research 108(2): 131-139.

Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B. 2016. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. Environmental Science & Technology 50(11): 5800-5808.

Naji, A., Esmaili, Z., Mason, S.A., Dick Vethaak, A. from microplastics to Artemia nauplii and further to zebrafish via a trophic food web experiment: CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. Environmental Toxicology and Chemistry 35(7): 1656-1666.

Bergmann, M., Gutow, L., and Klages, M. (2015). Marine anthropogenic litter (p. 447). Springer Nature.

Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L., Moore, C.J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. Marine Pollution Bulletin 60(12): 2275-2278.

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

Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R. 2007. Microplastic--an emerging contaminant of potential concern? Integrated environmental assessment and Management 3(4): 559-561.

Carr, S.A., Liu, J., Tesoro, A.G. 2016. Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. Water Research 91: 174-182.

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.

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.

Crawford, C. B., and Quinn, B. (2017). 2±The contemporary history of plastics. Microplastic Pollutants, 19-37.

Dai, Z., Zhang, H., Zhou, Q., Tian, Y., Chen, T., Tu, C., Luo, Y. 2018. Occurrence of microplastics in the water column and sediment in an inland sea affected by intensive anthropogenic activities. Environmental Pollution 242: 1557-1565.

Dehaut, A., Cassone, A. L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Paul-Pont, I. 2016. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. Environmental Pollution 215: 223-233.

do Sul, J.A.I., Costa, M.F. 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. Environmental Pollution 185: 352-364.

Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Reisser, J. 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(12): e111913.

Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Rifman, S. 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. Marine Pollution Bulletin 68(1-2): 71-76.

Filella, M. 2015. Questions of size and numbers in environmental research on microplastics:

Lost at sea: where is all the plastic? Science 304(5672): 838-838.

Thompson, R.C., Swan, S.H., Moore, C.J., Vom Saal, F.S. 2009. Our plastic age, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 364(1526): 1973-1976.

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.

Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., Li, M. 2016. The behaviors of microplastics in the marine environment. Marine Environmental Research 113: 7-17.

Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., Wang, J. 2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: a case study in urban surface waters of Wuhan, China. Science of the Total Environment, 575: 1369-1374.

Wright, S.L., Kelly, F.J. 2017. Plastic and human health: a micro issue? Environmental Science & Technology 51(12): 6634-6647.

Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. Environmental Pollution 178: 483-492.

Zhang, H. 2017. Transport of microplastics in coastal seas. Estuarine, Coastal and Shelf Science 199: 74-86.

Zhang, K., Shi, H., Peng, J., Wang, Y., Xiong, X., Wu, C., Lam, P. K. 2018. Microplastic pollution in China's inland water systems: a review of findings, methods, characteristics, effects, and management. Science of the Total Environment 630: 1641-1653.

How to cite this article:

Rahimi, J., Hasani Azhdari, M. 2022. Microplastics and their effects on aquatic ecosystems and organisms Shil 7: 1-9. (In Persian).

رحیمی، ج.، حسنی اژدری، م. ۱۴۰۱. میکروپلاستیک‌ها و اثرات آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی و آبزیان. شیل ۷: ۹-۱.

2017. The occurrence of microplastic contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. Environmental Science and Pollution Research 24(25): 20459-20468.

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(6): 315-320.

Oliveira, M., Ribeiro, A., Guilhermino, L. 2012. Effects of exposure to microplastics and PAHs on microalgae Rhodomonas baltica and Tetraselmis chuii. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A (163): S19-S20.

Pazos, R.S., Maiztegui, T., Colautti, D.C., Paracampo, A.H., Gómez, N. 2017. Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. Marine Pollution Bulletin 122(1-2): 85-90.

Plastic-Europe, A.P.M.E. 2006. Analysis of Plastics Production, Demand and Recovery in Europe.

Plastics-Europe, A.P.M.E. 2018. Analysis of Plastics Production, Demand and Waste Data in Europe.

Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., Fossi, M.C. 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. Marine Pollution b Bulletin 95(1): 358-361.

Rummel, C.D., Löder, M.G., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler, E.M., Janke, M., Gerdts, G. 2016. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin 102(1): 134-141.

Su, L., Deng, H., Li, B., Chen, Q., Pettigrove, V., Wu, C., Shi, H. 2019. The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary area of east China. Journal of Hazardous Materials, 365: 716-724.

Tanaka, K., Takada, H. 2016. Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. Scientific Reports 6(1): 1-8.

Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Takada, H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences 364(1526): 2027-2045.

Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W., Russell, A.E. 2004.