پژوهش و فناوری محیط زیست
وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir
شاپا الکترونیکی: 3060-2676
پژوهشکده محیط زیست

اثرات محیط زیستی ورود پسماندهای پلاستیکی به دریا و روش‌های مدیریت آن

سیده بهاره عظیمی[1*]، غلامرضا اله قلی پور[2]، یوسف عظیمی[3]

1- استادیار، گروه پژوهشی ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران
2- دانشجوی دکتری شیمی فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
3- دانشیار، گروه پژوهشی مهندسی محیط زیست و پایش آلاینده‌ها، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مروری

تاریخ دریافت:
1401/09/05
تاریخ پذیرش:
1401/12/15
دسترسی آنلاین:
1401/12/28

کلید واژه‌ها:
مدیریت پسماند،
آلاینده‌های پلاستیکی،
آلاینده‌های دریایی،
محیط زیست.

چکیده

یکي از پيامدهاي تحولات جامعه جهاني در يك سده اخير توسعه شهرنشيني و تمركز بيش از پيش اجتماعات بشري در مناطق شهري است. رشد جمعيت و تمايل به شهرنشيني از تحولات قرن حاضر است كه اين امر به نوبه خود استفاده بيشتر از منابع و توليد ضايعات را تشديد كرده است. اين افزايش جمعيت به همراه توسعه شهرنشيني مصرف منابع طبيعي و به تبع آن دورريز و توليد انواع ضايعات و پسماندها را به همراه دارد. در نتيجه مديريت پسماند در جهان به سويی می‌رود كه به چالشی بزرگ در نواحی شهری بدل شود. اين چالش، به ويژه در شهرهای بزرگ، بزرگ‌تر است. اين پسماندها نه تنها به اكوسيستمهای خاكی ، بلكه به درياها نيز راه يافته است و موجودات آبزی را نيز از آثار سوء خود بی‌بهره نگذاشته‌اند. به منظور همگام شدن با نيازهای توسعه اقتصادی سريع و رشد پيوسته جمعيت و نيز به دليل نقش حياتی مديريت پسماند در حفظ محيط زيست و سلامت همگانی، مديريت پسماندهای دريايی يكی از اولويت‌های حال حاضر جوامع است. دفع و تجمع پسماندها در محيط‌زيست دريايی يكی از تهديدهای محيط‌زيستی است كه با سرعت بسيار زيادی رو به افزايش است. هدف از مطالعه حاضر مرور منابع و جمع آوری اطلاعاتی در خصوص ورود پسماندهای پلاستيكی به دريا، اثرات محيط زيستی آن و روش‌های مديريت پسماندهای پلاستيكی دريايی است. اين مطالعه نشان داد كه ورود پسماندهای پلاستيكی يک معضل جهانی بوده و در بيشتر كشورهای پيشرفته قوانين مشخصی در اين خصوص وضع شده و راهكارهای مختلفی نيز برای جلوگيری از ورود پسماندهای پلاستيكی به دريا ارائه شده است. با توجه به اينكه كشور ايران مرز ساحلی طولانی دارد اين موضوع در ايران نيز اهميت زيادی دارد. جمع آوری اين مطالب بصورت مقاله اهميت موضوع را روشنتر نموده و اميد است مديريت اين پسماندها در كشور ايران مورد توجه بيشتری واقع شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: baharazimi94@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology, 7(12) 2022. 91-106

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Environmental effects of the entry of plastic wastes into the sea and its management methods

Seyedeh Bahareh Azimi[*1], Gholamreza Allah Gholipour[2], Yousef Azimi[3]

1- Assistant Professor, Environmental Hazards and Assessment Research Department, Research Institute of Environment and Sustainable Development, Department of Environment (DOE), Tehran, Iran
2- PhD student in Physical Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- Associate Professor, Environmental Engineering and Pollutant Monitoring Research Department, Research Institute of Environment and Sustainable Development, Department of Environment (DOE), Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Review Article

Article history:
Received:
26/11/2022
Accepted:
06/03/2023
Available online:
19/03/2023

Keywords:
Waste management,
Plastic pollutants,
Marine pollutants,
Environment

Abstract

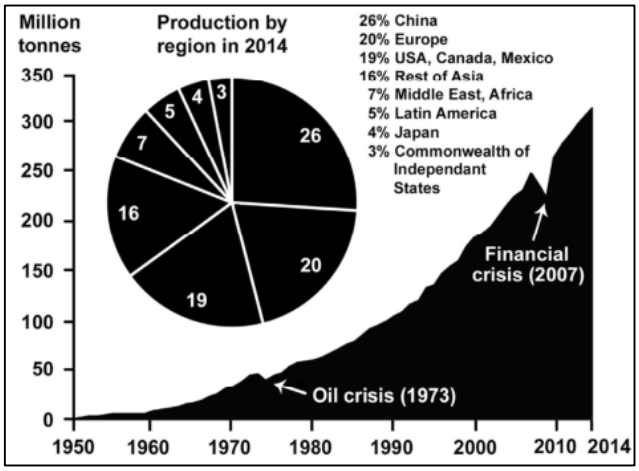
One of the consequences of the developments of the world society is the development of urbanization and the focus of human communities more than ever in urban areas, in the last century. The growth of population and tendency to urbanization is one of the developments of the current century, which has intensified the use of resources and the production of waste. This increase in population along with the development of urbanization leads to the consumption of natural resources and as a result, it leads to production of all kinds of wastes. So, waste management in the world is becoming a big challenge in urban areas. This challenge is greater, especially in big towns. These wastes have not only entered the terrestrial ecosystems, but also entered the seas and it has also left unfavorable effects on aquatic creatures. In order to keep pace with the needs of rapid economic development and continuous population growth, and also due to the vital role of waste management in preserving the environment and public health, marine waste management is one of the current priorities of societies. Disposal and accumulation of wastes in the marine environment is one of the environmental threats which is increasing at a very fast pace. The purpose of this study is to review sources and collect information about the entry of plastic waste into the sea, its environmental effects and the methods of marine plastic waste management. This study showed that the entry of plastic waste is a global problem, and in most developed countries specific laws have been established in this regard and various solutions have been presented to prevent the entry of plastic waste into the sea. Considering that Iran has a long coastal border, this issue is also very important in Iran. This article tries to clarified the importance of the issue and it is hoped that the management of these wastes will receive more attention in Iran.

* Corresponding author E-mail address: baharazimi94@gmail.com

مقدمه

مواردی همچون افزایش جمعیت، توسعه شهرنشيني، ظهور تكنولوژي‌هاي جديد و تغيير در عادات و الگوهاي مصرف از يك سو و محدوديت‌هايی از قبيل استفاده از منابع طبيعي از سوي ديگر، علاوه بر به وجود آوردن انواع معضلات پيچيده در كيفيت زندگي انسان‌ها، موجب بروز انواع ناسازگاري‌هاي محيط زيستی و اجتماعي شده است. در حال حاضر پلاستیک‌ها به عنوان موادی کاربردی در دنیای مدرن مطرح شده و به ناچار تولید جهانی آن با سرعت شگفت‌انگیزی جهت پاسخ به تقاضای رو به رشد این مواد رو به افزایش است (Bakir et al., 2012; Freinkel, 2011). در سال ۱۹۵۰ تولید پلاستیک در جهان به مقدار 1/5 میلیون تن در سال رسیده بود (Wright et al., 2013). با این حال علی‌رغم افت تولید در طول بحران نفتی سال ۱۹۷۳ و همچنین بحران مالی سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۰۹ تولید جهانی مواد پلاستیکی به طور چشمگیری افزایش یافته و به میزان ۲۵۰ میلیون تن در سال رسیده است (Nuelle et al., 2014). بر این اساس تولید جهانی مواد پلاستیکی در هر سال حدود ۹ درصد افزایش یافته است (Hirai et al., 2011) و تا سال ۲۰۱۴ میزان تولید جهانی آن به ۳۱۱ میلیون تن در سال رسید (Europe, 2015). این آمار افزایش تولید سالیانه ۲۵ درصدی را در ۵ سال اخیر نشان داده و در طول یک دوره ۶۵ ساله تولید جهانی پلاستیک به میزان قابل توجهی در حدود 20000 درصد افزایش یافته است.

تا سال ۲۰۱۴، سهم سه تولید کننده بزرگ پلاستیک در جهان به ترتیب چین، اروپا و آمریکای شمالی به میزان ۲۶، ۲۰ و ۱۹ درصد بوده‌اند. 63/9 درصد از کل تقاضای اروپا برای پلاستیک مربوط به پنج کشور آلمان (24/9 درصد)، ایتالیا (14/3 درصد)، فرانسه (9/6 درصد)، بریتانیا (7/7 درصد) و اسپانیا (4/7 درصد) بوده است (Muenmee et al., 2015). تا سال ۲۰۱۵ مصرف جهانی مواد پلاستیکی تقریباً به ۳۰۰ میلیون تن رسیده است(شکل 1) (Muenmee et al., 2015, Crawford & Quinn, 2017).



شکل 1- تولید جهانی پلاستیک از سال 1950 به بعد (Crawford & Quinn, 2017)

در حال حاضر بر اساس پیش‌بینی‌های بلندمدت هیچ نشانه‌ای از متعادل شدن تولید مواد پلاستیکی مشاهده نشده و انتظار می‌رود افزایش جهانی آن به صورت نمایی ادامه داشته باشد (Neufeld et al., 2016). پیش‌بینی شده که جمعیت جهان در سال ۲۱۰۰ به حدود 10/85 میلیارد نفر، یعنی در حدود ۵۰ درصد بیشتر از جمعیت فعلی برسد (Bendell, 2015). همچنین پیش‌بینی شده که تا سال ۲۰۵۰ در حدود ۳۳ میلیارد تن پلاستیک در جهان تولید خواهد شد (Rochman et al., 2013; Shen et al., 2009).

طبق تعریف برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP[1]) پسماندهای دریایی به هرگونه ماده جامد ماندگار، تولید یا فراوری شده می‌گویند که در محیط دریایی و ساحلی رها، دور انداخته یا دفع شده باشد". کشتی‌ها روزانه بیش از ۵۰۰ هزار تکه ظرف و کیسه‌های پلاستیکی در اقیانوس‌ها می‌ریزند و آمار پلاستیک‌ها نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۷ میلادی در سطح جهان ۲۷۵ میلیارد کیسه پلاستیکی تولید شده است، در هر ثانیه ۱۶۰ هزار کیسه پلاستیکی در دنیا تولید و مصرف می‌شود و سالانه ۸ میلیون تن پلاستیک وارد دریا می‌شود. آلودگی پلاستیک باعث مرگ یک میلیون پرنده دریایی و ۱۰۰ هزار پستاندار دریایی شده است. زباله‌های دریایی موجب گیر افتادن حیات‌وحش، بلعیدن زباله‌های دریایی توسط حیوانات، انتقال گونه‌های مهاجر، تخریب زیستگاه‌ها، ایجاد مشکلات دریانوردی و انتقال آلاینده‌ها است.

[1] United Nations Environment Programme

در حال حاضـر در تمامی زیسـتگاه‌های دریایی از مناطق با جمعیت فراوان تا مناطقی که خالی از جمعیت اسـت و همچنین از کم‌عمق‌ترین قسمت‌های محیط دریایی تا عمیق‌ترین نقاط آن، پسماندهای دریایی موجود می‌باشند (Miyake et al., 2001). پراکندگی پسـماندهای دریایی متأثر از عوامل زیادی مانند فعالیت‌های انسـانی، شـرایط هیدرولوژیکی و جوی، ژئومورفولوژی، نقاط ورود و خصوصیات فیزیکی پسماندهای دریایی می‌باشد (Law et al., 2010).

یک منبع آلودگی پلاسـتیک در محیط دریایی سـقوط اتفاقی کانتینر و ظروف حمل و نقل از کشـتی‌ها در زمان طوفان و به گل نشستن آنهاست. به عنوان مثال در یک شب طوفانی در سال ۱۹۹۲ از یک کشتی باری در شرق اقیانوس آرام به طور تصادفی در زمانی که یکی از کانتینرها به داخل دریا سقوط کرده بود، ۲۹۰۰۰ قطعه لاک‌پشت، قورباغه و اردک پلاستیکی در داخل آب رها شد. برای بیش از ۲۰ سال این اقلام پلاستیکی توسط محققین مختلف ردیابی و براساس گزارشات ثبتی تأیید شده که این پلاستیک‌ها بیش از ۱۷۰۰۰ مایل (معادل 27359 کیلومتر) در امتداد اقیانوس‌های جهان سـفر کرده‌اند. تا حدودی بر خلاف تصـور عموم، همه پلاستیکها روی آبهای سطحی شناور نخواهند شد و در حقیقت بسیاری از آنها غرق خواهند شد. در واقع بیش از 50 درصد از کل ترموپلاستیکها در آب دریا غرق می‌شوند (Moore, 2008). علاوه بر این در مورد قطعات کوچک پلاستیک نرخ غرق شدن و فرو رفتن در لایه‌های عمیق‌تر اقیانوس و همچنین توزیع عمودی آنها در سـتون آب، به طور قابل توجهی بر پیوسـتن آنها به توده‌های دریایی و تشکیل بیوفیلم تأثیرگذار است (Long et al, 2015). پلاستیک‌های غرق‌شده همچنین می‌توانند به عمق دره‌های موجود در کف بستر رفته و می‌توانند به عنوان گذرگاه، پسماندهای پلاستیکی را به اقیانوس‌های آزاد انتقال دهند. مطالعه دره‌های لافورنا، کاپ دکروس و بلینز در دریای مدیترانه حاکی از بالاترین سـطح پسـماند بودند و در عمق مورد بررسـی به ترتیب دارای 15057 و 1090 قطعه در هر کیلومتر مربع بودند (Tubau et al., 2015).

مناطق ساحلی به طور ذاتی برای گردشگری جذاب‌تر از سایر جاذبه‌های گردشگری طبیعی هستند، چرا که این بخش، یکی از زیربخش‌های ویژه گردشـگری و همچنین طبیعت‌گردی به حسـاب می‌آید. بنابراین با باز شـدن پای گردشـگران بیشـتری به دریا و سـاحل، ماجرای آلودگی‌های سـاحلی و دریایی به شـدت دامن خورد. بحث رفع آلودگی‌های محیط زیسـت دریایی که در مدت زمان طولان رخ داده اسـت، به رفع آن در کوتاه‌مدت نمی‌توان دل‌خوش کرد. تأثیرات منفی و بلندمدت چنین آلودگی‌هایی نه تنها باعث تخریب اکولوژی این مناطق شـده، بلکه بر مباحث اقتصـادی و اجتماعی زندگی بومیان سـاکن در این نواحی نیز تأثیرات خود را گذاشته است.

ایران، مجموعاً دارای 5800 کیلومتر خط ساحلی در شمال و جنوب می‌باشد که 890 کیلومتر آن در شمال، شامل استان‌های ساحلی گیلان، مازندران و گلستان و 4900 کیلومتر آن در جنوب شامل استانهای ساحلی بوشهر، خوزستان، هرمزگان و سیستان و بلوچسـتان، قرار دارد. با توجه به این‌که ایران دارای پنج هزار و ۸۰۰ کیلومتر خط سـاحلی اسـت، باید تدابیری در زمینه جلوگیری از آسیب‌های محیط زیستی ناشی از تولید پسماندها اندیشیده شود. از آن‌جا که در دنیا ۲۰ منطقه دریایی وجود دارد، در سال ۱۳۷۳ بخش محیط‌زیست سازمان ملل، تدوین ابزارهای قانونی را در راستای مدیریت سواحل آغاز کرد.

کنوانسیون مارپول

یکی از اصـلی‌ترین کنوانسیون‌هایی که به صـورت مستقیم با مسائل محیط‌زیست دریایی در ارتباط است، کنوانسیون MARPOL 73/78 است. MARPOL 73/78 کنوانسیون بین‌المللی جلوگیری از آلودگی ایجاد شده از کشتی‌ها می‌باشد که در سال 1973 ابتدا تدوین و سپس طبق توافقنامه 1978 اصـلاح شده است. MARPOL خلاصـه شده لاتین کلمه آلودگی دریایی[1] و منظور از 73/78 نیز سـال‌های 1973 و 1978 میلادی (سـال تدوین و اصـلاح) اسـت. هدف از این کنوانسـیون، حفظ محیط‌زیسـت دریایی به وسـیله حذف کامل آلودگی ناشـی از مواد نفتی، مواد مضـر دیگر و همچنین کاهش تخلیه اتفاقی این مواد به آب دریاها اسـت. کنوانسـیون اصلی مارپل در سال 1973 تدوین شد ولی در آن مقطع زمانی لازم‌الاجرا نشد. معاهده کنونی نیز ترکیبی از معاهده سال 1973 و توافقنامه 1978 است و چند سال بعد در اکتبر 1983 لازم‌الاجرا شد. از سال 2005 نیز، 136 کشور، چیزی نزدیک به 98 درصد کل کشتیرانی جهان، متعهد به انجام این پیمان‌نامه شده‌اند. مارپل را می‌توان محصول فرآیند تکامل کنوانسیون جلوگیری از آلودگی نفتی 1954 دانست، با این تفاوت که در آن فقط به مسأله آلودگی نفتی پرداخته نشده بلکه انواع دیگر آلاینده‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته و برای هر کدام دستورالعمل‌ها و مقررات خاصـی پیش‌بینی شده است. تمامی کشتی‌های تحت پرچم کشورهای امضاءکننده مارپل، صـرف‌نظر از مبدأ و مقصـد، موظف و ملزم به انجام مقررات آن هسـتند و کشـورهای عضـو، مسـئول تمامی کشـتی‌ها و شناورهایی می‌باشند که تحت ملیت مربوطه‌شان به ثبت رسیده‌اند (https://www.imo.org/).

[1] Marine Pollution

انواع پسماندهای پلاستیکی

طبق مطالعات صورت پذیرفته، هر قطعه پلاستیکی با اندازه برابر یا بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر به عنوان یک ماکروپلاستیک شناخته می‌شود (Zarfl and Matthies, 2010). ماکروپلاستیک‌ها به طور مداوم در محیطزیست به قطعات کوچکتر پلاستیکی تقسیم می‌شوند. مزوپلاستیک‌ها قطعات پلاستیکی کوچکتر از 25 میلی‌متر و بزرگتر از 5 میلی‌متر می‌باشند. بر اساس گزارش‌ها، 82 درصد از پسماندهای به دست آمده از آب سطحی رودخانه تامار در انگلستان از قطعات کوچک پلاستیک تشکیل شده است. این ذرات کوچک پلاستیکی (پلاستیکل) را می‌توان بر اساس اندازه در سه دسته میکروپلاستیک‌ها، مینی‌میکروپلاستیک‌ها و نانوپلاستیک‌ها طبقه‌بندی کرد (Obbard et al., 2014). میکروپلاستیک‌ها قطعات پلاستیکی کوچکتر از 5 میلیمتر و بزرگتر از یک میلی‌متر می‌باشند. افزایش میکروپلاستیک‌ها در محیطهای آبی به صورت فزاینده باعث ایجاد نگرانی وسیع در سطح جهان شده است و این مسئله به عنوان یکی از وسیع‌ترین و ترسناکترین تهدیدهای محیطزیست دریایی به رسمیت شناخته شده است. میکروپلاستیک‌ها در هر نقطه ساحلی، اقیانوس‌های آزاد، آب‌های سطحی، سواحل و رسوبات دریاچه‌های آب شیرین و حتی داخل کوه‌های یخی قطب نیز یافت می‌گردند (Liebezeit & Dubaish, 2012; Dekif et al., 2014).

میکروپلاستیک‌ها به عنوان ناقلین آلاینده‌های شیمیایی

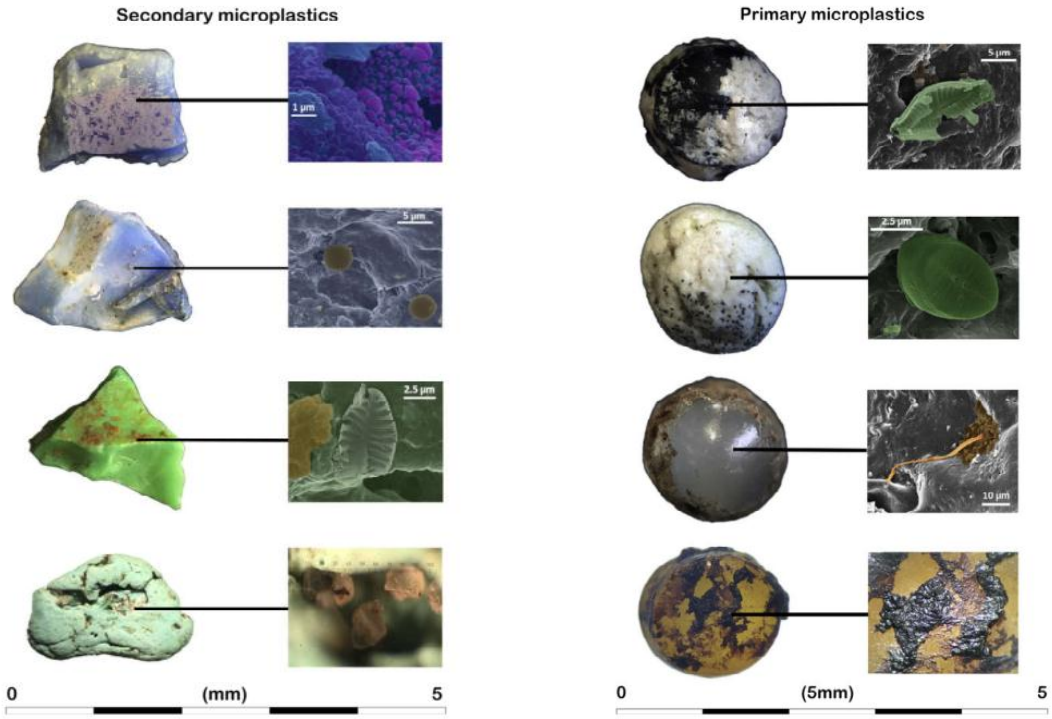
چندین دهه پیش محققان دریافتند که میکروپلاستیک‌های پلی‌پروپیلن به آسانی ترکیبات آلی آبگریز را جذب می‌کنند(Rice & Gold, 1984). از آن زمان به بعد در محیطهای آبی، میکروپلاستیک‌هایی یافت شده که به‌وسیله فرآیندهای مختلف جذب به آلاینده‌های آلی پایدار آلوده شده بودند و در نتیجه تحقیقات دقیق علمی جهت برهمکنش بین این دو عامل در حال افزایش است (Kampire et al., 2015; 2001; Rios et al., 2007). به عنوان مثال در بندری در سوئد نزدیک به یک تأسیسات تولید پلی‌اتیلن، فراوانی میکروپلاستیک‌ها در آب دریا بیش از 100000 عدد در هر مترمکعب گزارش شده است (Noren & Naustvoll, 2010). در همان زمان گزارش شده که میکروپلاستیک‌ها در محیطهای دریایی قادرند آلاینده‌های POPs را تا یک میلیون برابر، بیشتر از غلظت پس‌زمینه آن در خود تجمع داده و با خود حمل کنند (Hirai et al., 2011; Rios et al., 2010). در نتیجه آمادگی میکروپلاستیک‌ها برای جذب آلاینده‌ها و همچنین حضور گسترده آنها در همه‌جا و توانایی پیمودن مسافت‌های طولانی، دلایلی جدی برای ایجاد نگرانی به حساب می‌آیند. چرا که میکروپلاستیک ها اغلب توسط موجودات آبزی بلعیده می‌شوند. بنابراین مصرف میکروپلاستیک‌های آلوده توسط موجودات زنده یک مسیر مواجهه منحصر به فرد برای ورود آلاینده‌های شیمیایی بسیار سمی به زنجیره غذایی فراهم می‌کند.

اثرات بیولوژیکی و تأثیرات میکروپلاستیک‌های آلوده

بلع میکروپلاستیک‌های آلوده توسط موجودات آبزی، یک مسیر حیاتی برای انتقال مواد شیمیای سمی به بافت‌های زنده را فراهم نموده که در آن میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک ناقل برای انتقال آلودگی‌های جذب شده و مواد افزودنی شیمیایی به ارگانیسم‌ها عمل می‌کند (Nobre et al., 2015). یافته‌ها در خلیج مکزیک نشان داده است که در 10 درصد از ماهی‌های دریایی و 8 درصد از ماهی‌های آب شیرین میکروپلاستیک‌ها وجود داشته است. با این حال شکل‌دهی یک پیوند قطعی بین مصرف میکروپلاستیک‌های آلوده و وضعیت بدن ماهی‌های ساکن دریا هنوز در دوران ابتدایی خود قرار داشته و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد (Koelmans et al., 2013). علاوه بر این با استفاده از مدلهای تحلیلی، اشاره شده که تجمع زیستی آلاینده‌های آلی پایدار با استفاده از مصرف پلاستیکهای آلوده توسط جانداران، ممکن است به دلیل عدم وجود گرادیان بین POPها و بافت چربی در موجودات آبزی، بسیار ناچیز باشد و امکان رخ دادن برخی از مکانیسم‌های حذف POPها وجود دارد. با این حال بسیاری از نقش مواد فعال سطح روده را جهت واجذب این آلاینده‌ها، به ویژه در pH و دماهای مختلف در نظر نمی‌گیرند. به عنوان مثال در شرایط فیزیولوژیکی شبیه‌سازی شده، چندین آلاینده رایج در محیطهای آبی از میکروپلاستیک‌های پلی‌اتیلنی آلوده در زمان حضور مواد فعال سطحی روده، سریعتر دچار واجذب شده و در دماهای بالاتر، مشابه شرایط موجود در بدن گونه‌های آبزی خون‌گرم افزایش بیشتری داشته است. علاوه بر این واجذب آلاینده‌ها از میکروپلاستیکها در شرایط معمول دستگاه گوارش، ممکن است تا ۳۰ برابر بیشتر از شرایط معمول در آب دریا اتفاق افتد. در نتیجه آلاینده‌های واجذب شده از میکروپلاستیک‌ها و طور آزاد در دسترس انتشار در بافتهای موجودات زنده قرار می‌گیرند (Fiedler, 1998). تاکنون در مورد اثرات میکروپلاستیک‌های مصرف‌شده در زنجیره غذایی انسان اطلاعات بسیار کمی در تحقیقات علمی وجود تولید شده است. در یک مطالعه در اواخر دهه 1980 به‌صورت داوطلبانه 15 نفر انسان سالم با میکروپلاستیک‌هایی با قطر کمتر از 2 میلی‌متر مورد تغذیه قرار گرفتند (Tomlin & Read, 1988). در حالی که نوع پلاستیک مشخص نشده اما محققان اشاره کرده‌اند که در مقایسه با مقدار میکروپلاستیک مصرف شده، حجم مدفوع افراد به طور متوسط 3 برابر بیشتر شده است. علاوه بر این افزایش چشمگیری در نقل و انتقال سیستم گوارشی به‌وجود آمده که دلیل آن را به فعال‌سازی مکانیکی گیرنده‌های مخاطی در پوشش اپیتلیال روده نسبت داده‌اند. در ضمن افزایش سرعت زمان انتقال گوارشی ناشی از مصرف

میکروپلاستیک‌ها در خوک و سگ نیز به اثبات رسیده است. این عامل می‌تواند باعث کاهش جذب مواد ضروری غذایی شده و در نهایت منجر به کمبود مواد مغذی بدن شود. شواهد قطعی در خصوص انتقال آلاینده‌ها از میکروپلاستیک‌های آلوده به انسان، هنوز وجود ندارد. با این حال توانایی میکروپلاستیک‌ها به عنوان یک ناقل جهت ورود آلاینده‌های موجود در آب به انسان، با توجه به تحقیقات انجام شده تاکنون باید در نظر گرفته شود.

برخی از PAHهای جذب‌شده بر میکروپلاستیک‌ها هنگام ورود به بدن انسان با تأثیر بر DNA منجر به ایجاد اثرات ژنوتوکسیک و سرطان می‌شوند. در مطالعه‌ای که به جمع‌آوری ماهی‌های مختلف قزل‌آلای هندی، ساردین دریایی هندی، ببر ماهی، گربه ماهی خالدار و ماهی طلایی رنگ دم‌دراز بین سالهای 2006 تا 2008 از خط بندری بمبئی در هند پرداخته، نتایج نشان می‌دهد که PAHها در تمام گونه‌های مورد مطالعه شناسایی شده‌اند. در واقع سطح کل PAHها به طور متوسط 70/44-17/43 نانوگرم بر گرم (وزن مرطوب) بوده در حالی‌که سطح PAHها به مقدار 31/23-9/49 نانوگرم بر گرم (وزن مرطوب) به عنوان حد سرطان‌زایی تعیین شده است (Dhananjayan & Muralidharan, 2012). موجودات با سیستم صافی-تغذیه‌ای مانند صدف دوکفه‌ای نیز مستعد تجمع زیاد آلاینده‌ها و میکروپلاستیکها هستند. صدفها در سراسر جهان به صورت روزانه توسط انسانها مصرف شده و بر اساس تخمین‌ها مردم اروپا سالانه 11000 میکروپلاستیک را با خوردن صدف وارد بدن خود می‌کنند (Leslie et al., 2013;). گونه‌های مهاجم می‌توانند از یک میکروپلاستیک به عنوان قایق شناور استفاده کرده که آنها را قادر می‌سازد تا فاصله‌های بزرگی را در اقیانوس‌های جهان پیموده و خود را به زیستگاه‌های جدید برسانند. میکروپلاستیکها احتمالاً می‌توانند به عنوان یک ناقل برای ورود عوامل بیماری‌زا به موجودات عمل کنند. همانطور که اندازه میکروپلاستیکها کاهش می‌یابد، نسبت سطح به حجم آن افزایش می‌یابد؛ به همین دلیل، غلظتهای بالای مینی‌میکروپلاستیکها می‌توانند مساحت سطحی چشمگیری را برای چسبیدن میکروارگانیسم‌ها فراهم نمایند. در حقیقت اغلب میکروپلاستیک‌های موجود در محیط‌زیست، با مواد آلی پوشیده شده‌اند. بنابراین در صورت تغذیه باکتری‌های از این مواد، این پتانسیل وجود دارد که میکروپلاستیک‌ها از کلنی باکتری‌های بیماری‌زا حمایت کنند. علاوه بر این، تعامل بین میکروارگانیسم‌ها و میکروپلاستیکها باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد تا نقش و گستردگی نوع میکروب‌های دخیل در تخریب میکروپلاستیک‌ها مشخص شود. با توجه به تحقیقات انجام‌شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بر روی میکروپلاستیک‌ها، اثبات شده است که کلنی‌های فراوانی از موجودات مختلف شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و دیاتومه‌ها بر روی میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه وجود دارد (شکل 2) (Kalogerakis et al., 2015).



شکل2- موجودات و رسوبات مشاهده شده بر روی میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه با استفاده از SEM

در نهایت، میکروپلاستیک‌ها ممکن است به وسیله مصرف و یا حتی تماس مستقیم با پوست و غشاء مخاطی، به عنوان یک ناقل برای ورود پاتوژن‌های ناشناخته به بدن موجودات عمل کنند. ممکن است این مورد به خصوص، در رابطه با انسان‌ها نیز صدق کند.

مدیریت پسماندهای پلاستیکی

در سطح جهانی، مدیریت موفق مواد زائد دریایی مستلزم تدوین و اجرای سیاست‌ها و اقدامات مؤثر و مورد حمایت کنوانسیون‌های بین‌المللی است. تصمیم‌گیرندگان باید برای زباله‌های دریایی اولویت بیشتری در مقررات ملی و بین‌المللی حفاظت از محیطزیست قائل شوند. در ادامه استراتژی‌های کلی که برای مدیریت پسماندهای پلاستیکی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد بحث شده است.

شناسایی منابع

شناسایی منبع برای کنترل و کاهش مؤثر آلودگی پلاستیک دریایی بسیار ارزشمند است. شناسایی موارد معمول در دریا و در امتداد خط ساحلی می‌تواند به تعیین اهداف خاص کمک کند. پایش و تجزیه و تحلیل پیشرفته آن می‌تواند به شناسایی رایج‌ترین منابع میکرو پلاستیک‌ها و وسعت آن‌ها در اقیانوس‌ها، انجام اقدامات بیشتر برای حذف این موارد و ایجاد زمینه‌ای برای تحقیقات آینده در مورد جایگزین‌ها و کاهش پلاستیک‌ها، کمک کند (Kungskulniti et al., 2018). بطور کلی پلاستیک‌ها از منابع مختلفی وارد دریا می‌شوند که از این موراد می‌توان به صنعت گردشگری، دریانوردی و ماهیگیری، سقوط کانتینرها در دریا، جریان‌های آب از خشکی به دریا و ... اشاره کرد.

به عنوان مثال دولت تایلند با شناسایی ته سیگار به عنوان یکی از منابع آلاینده پلاستیکی، قوانین منع سیگار کشیدن آزاد را در 24 ساحل در 15 استان مشمول پروژه مدیریت پسماندهای دریایی ایجاد کرده است. برای این منظور هرگونه استعمال دخانیات در مناطق ساحلی تفریحی ممنوع می‌باشد و ته سیگار صرفاً باید در ظروف ویژه تعبیه‌شده برای این منظور قرار داده شوند و در غیر این صورت مشمول جریمه خواهند شد (Pettipas et al., 2016).

سوزاندن و دفن

یکی از راه‌های مقابله با پسماندهای پلاستیکی، سوزاندن آنهاست. اما سوزاندن مواد پلاستیکی باعث آزاد شدن مواد شیمیایی بسیار سمی مانند فوران‌ها و دیوکسین‌ها شده که علاوه بر اثرات زیان‌آور برای محیطزیست، می‌تواند پیامدهای جدی برای سلامت انسان نیز به دنبال داشته باشند. همچنین بسیاری از کشورها قوانین مربوط به ضرورت بازیافت پسماندهای پلاستیکی را وضع نکرده‌اند که در نتیجه انتخاب راهکار دفن زباله، جایگزینی ارزان‌تر و راحت‌تر برای آنها به شمار می‌آید.

تمیز کردن سواحل

تمیز کردن سواحل از پلاستیک یک روش مؤثر برای کاهش انباشت بیشتر و همچنین یک اقدام پیشگیرانه در جلوگیری از شسته شدن پلاستیک و برگشت آن به دریا محسوب می‌شود. به عنوان مثال بر اساس گزارش‌ها طی یک دوره 10 روزه در طول تمیزکاری سالانه ساحل باینس‌ساند[1]، (کانالی بین جزیره دنمان و جزیره ونکوور، بریتیش کلمبیا، کانادا) از 4-3 تن پسماند جمع‌آوری شده توسط انجمن محلی، 90 درصد آن مواد پلاستیکی از قبیل ورقه پلی‌استایرن، کیسه، طناب و تور و به طور عمده مربوط به صنعت ماهیگیری بوده است. رویکردهای انجمن‌محور مانند این مورد که در آن حذف پسماند از ساحل توسط داوطلبان انجام می‌گیرد، در حفظ و بهبود محیطزیست دریایی بسیار مؤثر بوده است. پروژه‌های دیگری مانند کمیسیون حفظ اقیانوس و پاکسازی سواحل و بنادر بین‌المللی[2] در ایالات متحده که کاملاً مردمی بوده و توسط انجمن‌های محلی اداره می‌گردد فعالیت مشابه داشته‌اند.

بازیافت پلاستیک

طبق یک مطالعه امکان‌سنجی در مورد پسماندهای پلاستیکی توسط مرکز تحقیقات علمی و صنعتی[3] CSIR در غنا؛ اگر ضایعات پلاستیک مراحل مختلف بازیافت را طی کند، هر ماه GHC 1200000 تولید می‌شود. بنابراین بازیافت فرصت‌هایی برای مدیریت کارآمد پسماندهای پلاستیک و همچنین درآمدزایی فراهم می‌کند. اگرچه برخی از کارخانه‌های بازیافت زباله‌های پلاستیکی تأسیس شده‌اند، اما این تهدید همچنان پابرجاست. بودجه و ظرفیت به عنوان عمده‌ترین مشکلات جلوگیری از بازیافت زباله شناسایی شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که:

[1] Baynes Sound
[2] Ocean Conservancy's International Coastal Cleanup and Beach Sweeps
[3] Centre for Scientific and Industrial Research

- باید صندوق مدیریت پسماند پلاستیکی برای حمایت از بازیافت و به‌روزرسانی زیرساخت‌های پسماندهای پلاستیکی ایجاد شود تا مشارکت‌های خصوصی و دولتی در توسعه و مدیریت زیرساخت‌های پسماندهای پلاستیکی تقویت شود. این صندوق باید با کمک‌های داوطلبانه صنعت، دولت و سایر حمایت‌کنندگان تأمین شود و این حامیان معاف از مالیات هستند؛
- تنظیم تعرفه‌های برق و آب انشعابی برای افزایش سطح بازیافت؛
- معافیت مالیاتی فروش محصولات بازیافتی برای ایجاد بازار پر جنب‌وجوش برای محصولات بازیافتی؛
- پشتیبانی از توسعه کیسه‌های زیست‌تخریب‌پذیر با دوام، قابل استفاده مجدد و قابل بازیافت؛
- امتیاز مالیات تصفیه به بخش خصوصی برای ساخت کارخانه‌های تصفیه پسماند پلاستیکی؛
- مجموعه‌ای از استانداردهای داوطلبانه برای خرده‌فروشان، مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان با هدف منطقی‌سازی انتشار پلاستیک، افزایش استفاده از کیسه‌های پلاستیکی ساخته شده از مواد بازیافتی، ایجاد ایستگاه‌های بازیافت مناسب و قابل دسترسی برای مشتریان و تنظیم استانداردهای بهتر برای پلاستیک‌های بسته‌بندی وارداتی.

پلاستیک‌ها معمولاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: پلاستیک‌های ترموست (گرماسخت) مانند پلی‌آمیدها و بک‌لایت و ترموپلاستیک‌ها (گرمانرم) مانند پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن. اکثر قریب به اتفاق پلاستیکهای گرماسخت به طور دائمی شکل‌دهی شده و نمی‌توان آنها را دوباره ذوب و یا اصلاح کرد. این تغییر شیمیایی غیرقابل برگشت، مانع از بازیافت پلاستیک‌های ترموست می‌شود. بر عکس گرمانرم‌ها که به مراتب فراوانتر هستند، می‌توان آن‌ها را حرارت داده و پس از ذوب و خنک شدن به شکل تازه‌ای درآورد که به همین دلیل بسیاری از آن‌ها قابلیت بازیافت دارند. ترموپلاستیک پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بیشترین سهم پلاستیک بازیافتی را شامل می‌شود. این تمایل به بازیافت PET به دلیل استفاده گسترده از این ماده در بسته‌بندی مواد غذایی و نوشیدنی‌ها بوجود آمده است. اگرچه برای کاهش میزان پلاستیک در حال ورود به محیط‌های آبی، بازیافت پسماندهای پلاستیکی گام تعیین‌کننده‌ای به شمار می‌رود. با این حال، بازیافت مواد پلاستیکی اغلب غیراقتصادی به حساب می‌آید زیرا مواد بازیافتی ذاتاً دارای ارزش کمی هستند.

منع استفاده از پلاستیک‌ها

بسیاری از تولیدکنندگان عمده جهان در حال‌حاضر وعده توقف استفاده از میکروبیدها را در خطوط تولید خود داده که تا حدی در پاسخ به فشار سازمان‌های غیردولتی مردم‌نهاد، مصرف‌کنندگان، مجامع قانونی و تعداد زیادی از خرده‌فروشان صورت گرفته که با یک ابتکار عمل، متعهد به عدم خرید محصولات حاوی میکروپلاستیک‌ها شده‌اند. علاوه بر این تعدادی از مقامات دولتی در حال ایجاد قوانین ممنوعیت مستقیم تولید محصولات حاوی میکروپلاستیک‌ها هستند. در بسیاری از کشورهای اروپایی و ایالات‌متحده‌آمریکا قوانین منع تولید و فروش محصولات حاوی میکروبیدها تدوین و تصویب شده است. همچنین قوانین و کنوانسیون‌های بین‌المللی متعددی نیز در راستای کنترل میکروپلاستیک‌ها تهیه شده است.

آگاهی عمومی و آموزش

برای افزایش آگاهی عموم از تأثیر منفی دفع غیرمسئولانه پسماندها، به طور کلی و پسماندهای پلاستیکی به صورت خاص، آموزش رسمی و غیررسمی یک نیاز ضروری است. همچنین باید از آموزش برای ایجاد تغییر مثبت در نگرش به مدیریت پسماندهای پلاستیکی استفاده شود. آموزش همچنین ابزاری بسیار قدرتمند برای پرداختن به این موضوع است، به ویژه اگر در مدارس مورد بحث قرار گیرد، جوانان نه تنها می‌توانند عادت‌ها را با سهولت نسبی تغییر دهند، بلکه می‌توانند آگاهی خود را به خانواده‌ها و جامعه وسیع‌تری برسانند و به عنوان کاتالیزور برای ایجاد تغییر عمل کنند. از آنجا که منابع خشکی، منبع عمده مواد زائد پلاستیکی در اقیانوس‌ها هستند، اگر جامعه از مسئله آگاه شود، واضح است تمایل دارند در این راستا اقداماتی انجام دهند. در واقع می‌تواند تفاوت چشمگیری ایجاد کند. قدرت آموزش را نباید دست کم گرفت و این می‌تواند مؤثرتر از قوانین سختگیرانه باشد، مانند قانون پلاستیک‌های شهر سافولک (در نیویورک ، ایالات متحده آمریکا) که برخی بسته‌بندی‌های غذایی خرده‌فروشی را ممنوع کرد و در کاهش پسماندهای ساحل و کنار جاده ناموفق بود. آموزش، اطلاع‌رسانی و آگاهی از روش‌های مؤثر برای ترویج تغییرات برای محدود کردن دفع بی‌رویه است (Walker et al., 2006). سازمان اقیانوس‌های نوا اسکوشیا[1] (Oceans NS) با همکاری انستیتوی بین‌المللی اقیانوس کانادا IOI[2]، سازمان کار و آموزش پیشرفته، دانشگاه دال هوس، آموزش و پرورش و شورای فناوری اقیانوس نوا اسکوشیا با هدف ارتقا آموزش جوانان و آگاهی در مورد اقیانوس‌ها در حال فعالیت است (Vanapalli et al., 2020).

[1] Oceans Nova Scotia
[2] International Ocean Institute

تأسیس سیستم تبادل پسماند[1] WSE

یکی از سیستم‌های نوظهوری که به طور فزاینده‌ای نقش محوری در دستیابی به بازیافت و بازیابی منابع را به عهده دارد، تبادل موجودی پسماند آنلاین است. این سیستم به عنوان یک شبکه تبادل پسماند آنلاین در دسترس برای تمام شرکت‌های یک کشور عمل می‌کند تا با ارتقاء تجارت و بازیافت پسماند، سودآوری تجارت را افزایش دهد. این سیستم همکاری بین تولیدکنندگان پسماند، استفاده‌کنندگان مجدد و مشاوران تجاری را برای دستیابی به معاملات سریعتر و آسان‌تر تسهیل می‌کند. این مکانیسم تحت وب به عنوان بازار مواد خام ثانویه عمل خواهد کرد که مشکلات لجستیکی و کیفی را برای همه نهادهای دولتی و خصوصی که به‌طور بالقوه می‌توانند از نوعی پسماند در چرخه تولید خود استفاده کنند یا برنامه‌های بازیافت و بازیابی را اجرا می‌کنند، حل کند. این یک ابزار ابتکاری و کارآمد است که اگر در یک زمینه مستحکم اقتصادی و قانونی، همانطور که در بازار آزاد و رقابتی وجود دارد معرفی شود، باعث استفاده مجدد و بازیافت محصولات جانبی و ضایعات صنعت می‌شود.

تشویق به استفاده از پلاستیک‌های با پایه زیستی و قابل تجزیه

روش دیگر برای جلوگیری از ورود پلاستیک‌های پایدار به محیط دریایی، معرفی پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر است. پلاستیک‌های قابل‌تجزیه زیستی از منابع تجدیدپذیر ساخته می‌شوند و از پلیمرهایی تشکیل شده‌اند که قادر به تجزیه شدن به دی‌اکسیدکربن، آب، متان، ترکیبات معدنی یا زیست‌توده هستند. تجزیه بیولوژیکی این پلیمرها با استفاده از میکروارگانیسم‌هایی که توانایی کاتابولیزاسیون این پلیمرها به مواد با آسیب کمتری برای محیط‌زیست را دارند، حاصل می‌شود. از باقیمانده پلیمرهای تخریب‌شده اغلب به عنوان کود گیاهی استفاده می‌شود و این گیاهان می‌توانند به عنوان منبع جدیدی برای تولید پلیمرهای قابل تجزیه زیستی استفاده شوند. اخیراً پیشرفتی در زمینه تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه که دارای ویژگی مشابه پلیمرهای پایه روغنی هستند، حاصل شده است.

اعمال مالیات بر کیسه‌های خرید پلاستیکی

یکی از گزینه‌های عملی برای کاهش میزان تولید پسماندهای پلاستیکی، جلوگیری از استفاده بیش از حد یا استفاده نادرست از بسته‌بندی‌های پلاستیکی و کیسه‌های خرید است. "استفاده نادرست" از کیسه‌های پلاستیکی خرید یک مشکل جدی و مشهود زیست‌محیطی است. برای مقابله با "استفاده نادرست" از کیسه‌های پلاستیکی خرید در مبدأ، دولت باید بر کیسه‌های پلاستیکی خرید مالیات اعمال کند؛ فاز اول شامل سوپرمارکت‌های زنجیره‌ای و بزرگ و فروشگاه‌های آرایشی بهداشتی است. گذشته از کاهش در مبدأ از طریق دریافت مالیات زیست‌محیطی، دولت همچنین باید از طریق کمپین‌های محلی استفاده مجدد، بازیابی و بازیافت کیسه‌های پلاستیکی را تشویق کند. در بعضی از کشورها، در حالی که بسته‌بندی و کیسه‌های خرید کاغذی جایگزین در مغازه‌ها رایگان است، بسته‌بندی و کیسه‌های خرید پلاستیکی مشمول هزینه می‌باشند که به عنوان یارانه برای تولید بسته‌بندی و کیسه کاغذی که گران‌قیمت هستند، استفاده می‌شود.

طرح بیعانه گرفتن ظروف

طرح‌های بیعانه کانتینر[2] (CDS)، به برنامه‌هایی برای جمع‌آوری ظروف نوشیدنی استفاده شده در ازای دریافت مقدار کمی پول نقد (به عنوان مثال 10 سنت به ازای هر ظرف) اطلاق می‌گردد. ظرف‌ها را می‌توان از طریق خرده‌فروش‌ها به تولیدکنندگان بازگرداند، در انبارهای تعیین شده جمع‌آوری کرد، از طریق دستگاه‌های فروش معکوس بازگردانده شود یا به عنوان بخشی از سیستم‌های جمع‌آوری زباله یا بازیافت موجود بازیابی کرد. ثابت شده است که اجرای چنین طرح‌هایی و همچنین استقبال مردم و صنایع از آن به کاهش پسماندها از مبدأ کمک به‌سزایی نموده است.

بهبود زیرساخت‌ها

زیرساخت‌هایی مانند سیستم‌های زهکشی آب باران[3] و سطل‌های زباله، هم در ایجاد مشکل آلودگی پلاستیک محیط دریایی و هم در اقدامات مهم کاهش از مبداء موثر هستند. سیستم‌های زهکشی یکی از عوامل تسهیل در جابجایی پلاستیک از محیط شهری به محیط دریایی می‌باشند؛ با این وجود، نصب زیرساخت‌هایی مانند تله آلاینده‌های درشت همانطور که در بخش گذشته به آن اشاره شد، فرصتی را برای جمع‌آوری و حذف پسماندهای شهری قبل از رسیدن به محیط دریایی فراهم می‌کند. از یک طرف مقداری از پسماندهای پلاستیکی ممکن است هنگامی که سطل‌های زباله بیش از ظرفیت پر شده‌اند و یا در هنگام تخلیه سطل‌ها وارد محیط

[1] Waste Stock Exchange
[2] Container deposit schemes
[3] stormwater drainage systems

زیست و نهایتاً وارد محیط‌های آبی گردند؛ از طرف دیگر گسترش زیرساخت‌هایی مانند سطل‌های زباله می‌تواند تغییرات قابل توجهی در رفتار مصرف کننده و در نتیجه کاهش سطح آلاینده‌ها ایجاد کند و منجر به کاهش آلودگی پلاستیک دریایی شود.

افزایش ضخامت فیلم‌های پلاستیکی

همچنین لازم است که ضخامت فیلم پلاستیکی مورد استفاده در تولید کیسه‌های خرید از 9-11 میکرومتر فعلی به حداقل 30 میکرومتر در نظر گرفته شود. انتظار می‌رود افزایش ضخامت فیلم پلاستیکی باعث کاهش بیش از حد آلودگی پسماندهای پلاستیکی شود (که باعث افزایش هزینه‌های بازیافت می‌شود) و باعث می‌شود کیسه‌های خرید دورانداخته شده به سختی توسط باد جابجا شوند. با این حال پیشنهاد می‌شود که هرگونه افزایش ضخامت فیلم پلاستیکی باید با استفاده از فناوری‌هایی همراه باشد که خط برش روی کیسه‌ها و دیگر ظروف پلاستیکی که لازم است قبل از استفاده از محتوای آنها، یک انتهای آن پاره شود را فراهم کند.

تفکیک خانگی، استفاده مجدد و بازیافت

پسماندها باید به عنوان یک منبع اقتصادی عالی در نظر گرفته شوند. تفکیک، استفاده مجدد و بازیافت زباله در سطح خانوار یا نقطه تولید باید تشویق شود. کاغذ، پلاستیک، مواد آلی، فلزات و شیشه می‌توانند بازیافت شوند یا به مواد قابل استفاده تبدیل شوند. برای اینکه هزینه‌های کاربر مؤثر واقع شود، نیاز به متناسب‌سازی هزینه‌ها با سطح آگاهی محیط زیستی ساکنان و توانایی پرداخت آنها وجود دارد. باید توجه جدی کرد که چگونه می‌توان پول بیشتری برای بهبود ارائه خدمات تولید کرد. دولت در طولانی‌مدت باید تصویب و اصلاح استفاده از سایر ابزارهای اقتصادی را در نظر داشته باشد؛ مانند:

- نهادی از سیستم‌های قیمت‌گذاری مواد زائد جامد که انگیزه‌های مداوم برای خانوارها برای کاهش تولید زباله (به عنوان مثال پرداخت به ازای هر واحد زباله) فراهم می‌کند.
- مالیات بستن بر هزینه‌های دفن برای ریختن پسماندهای صنعتی و شهری در محل‌های دفن پسماند. نرخ هزینه‌ها باید قبل از تخلیه به نوع پسماند و روش تصفیه بستگی داشته باشد.
- طرح‌های تشویقی مانند یارانه‌ها، وام‌های دارای امتیاز و تشویق‌های مالیاتی برای تشویق مجامع منطقه‌ای و سرمایه‌گذاران خصوصی در پروژه‌های تحقیقاتی، آموزش و ارائه پروژه‌ها برای بازیابی منابع انرژی و همچنین برنامه‌ریزی برای دفع پسماندهای جامد.
- پیوند هزینه‌ها با سایر خدمات کمکی در منطقه؛
- هزینه کردن برای تخلیه در محل‌های دفن پسماند؛
- اضافه کردن هزینه‌ها به نرخ املاک به منظور یکی کردن پرداخت؛
- هزینه‌های غیرمستقیم از طریق فروش کیسه‌های پلی‌اتیلن برای دفع زباله.

بازیابی انرژی

تقریباً همه پلاستیک‌ها از مواد زائد نفتی حاصل می‌شوند که دارای ارزش حرارتی بالایی هستند. انرژی بازیابی‌شده از پسماندهای پلاستیکی می‌تواند سهم عمده‌ای در تولید انرژی داشته باشد. پلاستیک‌ها را می‌توان با سایر پسماندها سوزاند یا به عنوان سوخت جایگزین (به عنوان مثال زغال‌سنگ) در فرآیندهای صنعتی متعدد (کوره‌های سیمان) استفاده کرد. محتوای انرژی پسماندهای پلاستیکی را می‌توان در سایر فرآیندهای حرارتی و شیمیایی مانند پیرولیز بازیابی کرد. از آنجا که پسماندهای پلاستیکی به طور مداوم در حال بازیافت هستند، آنها در پایان چرخه حیات خواص فیزیکی و شیمیایی خود را از دست می‌دهند. بازیافت مداوم می‌تواند منجر به تولید محصولات نامرغوب و بی‌کیفیت شود؛ از این رو دیگر از نظر اقتصادی بازیافت سودآور نخواهد بود. سوزاندن با بازیابی انرژی در این مرحله گزینه اقتصادی ترجیحی است.

تبدیل پسماندهای پلاستیکی به سوخت مایع

یک کارخانه تحقیقاتی در ناگپور، ماهاراشترا برای تبدیل پلاستیک‌های زائد به سوخت مایع تأسیس شده است. فرآیند اتخاذ شده بر اساس شکستن پلیمریزاسیون پلاستیک‌های زائد به سوخت مایع به صورت تصادفی در حضور کاتالیزور است. در صورت لزوم، کل فرآیند در ظرف راکتور بسته و به دنبال آن چگالش انجام می‌شود. پلاستیک‌های زائد در حین گرم شدن تا دمای 2700 تا 3000 درجه سانتیگراد به حالت بخار مایع تبدیل می‌شوند که در محفظه چگالش به صورت سوخت مایع جمع می‌شود، در حالی که مقداری

از پسماندهای مایع قیری‌شکل از مخزن راکتور گرمایشی به پایین می‌رود. گاز سنتز نیز تولید می‌شود که به دلیل کمبود امکانات ذخیره‌سازی از آن خارج می‌شود. با این حال، می‌توان از این گاز در ژنراتور دیزل دوگانه‌سوز برای تولید برق استفاده کرد.

تکنولوژی پیرولیز پلاسما

در پیرولیز پلاسما، ابتدا مواد زائد پلاستیک از طریق فیدر در 8500 درجه سانتیگراد به محفظه اولیه وارد می‌شود. مواد زائد به مونوکسیدکربن، هیدروژن، متان، هیدروکربن‌های بالاتر و غیره تفکیک می‌شوند. فن کششی القایی گازهای پیرولیز و همچنین مواد زائد پلاستیک را به محفظه ثانویه تخلیه می‌کند، جایی که این گازها در حضور هوای اضافی می‌سوزند. گازهای قابل‌اشتعال با جرقه ولتاژ بالا مشتعل می‌شوند. دمای دودکش ثانویه در حدود 10،500 درجه سانتیگراد حفظ می‌شود. هیدروکربن، مونوکسیدکربن و هیدروژن به دی‌اکسیدکربن و آب تبدیل می‌شوند. شرایط فرآیند حفظ می‌شود به طوری که امکان تشکیل سموم دیوکسین و مولکول‌های فوران (در صورت هدر رفتن کلر) را از بین می‌برد. راندمان تبدیل پسماندهای آلی به گازهای غیرسمی بیش از 99% است. شرایط شدید پلاسما بلافاصله باکتری‌های پایدار مانند Bacillus stereothermophilus و Bacillus subtilis را از بین می‌برد. در این روش نوین تفکیک زباله ضروری نیست. زیرا دمای بسیار بالا تصفیه انواع پسماندها را بدون تمییز گذاشتن بین آنها، تضمین می‌کند.

اقدامات قانونی

نهادهای قانون‌گذاری مانند سازمان ملل‌متحد و سازمان بین‌المللی دریانوردی، کنوانسیون آلودگی دریایی مارپول را در سال 1983 معرفی کردند. این کنوانسیون با جلوگیری از رهاسازی پسماند از کشتی، آلودگی حمل‌ونقل را به طور کامل منع می‌کند و به طور کلی دفع مواد پلاستیکی را در هر نقطه از دریا منع می‌کند. به علاوه، دولتها را ملزم به تمیز نگه‌داشتن ترمینال‌ها و بندرگاه‌ها از پسماند می‌کند. طبق مفاد این توافقنامه، کشتی‌های مشخص شده در این کنوانسیون موظفند دفترچه سوابق پسماند را که در آن سوابق کلیه عملیات دفع در آن ثبت می‌شود، نگهداری کند. اطلاعات مورد نیاز شامل تاریخ، زمان، موقعیت کشتی و شرح و مقدار تخمینی زباله‌هایی است که سوزانده یا تخلیه می‌شود. علاوه بر نگهداری دفترچه سوابق پسماند، از نیروی دریایی خواسته می‌شود تا طرحی را برای مدیریت پسماند تهیه کنند که محصولاتی را برای جمع‌آوری، ذخیره و پردازش پسماندها ارائه دهند.

بانک‌های جمع‌آوری و بازیافت پلاستیک

پلاستیک بانک که موسسه‌ای انتفاعی- اجتماعی مستقر در ونکوور است، به افراد فقیر پول می‌دهد تا زباله‌های پلاستیکی را از آبراه‌ها، کانال‌ها، سواحل و سایر نقاط دسترسی به اقیانوس‌ها بردارند. آنها اقلام موجود در مراکز جمع‌آوری را با پرداخت پول و کالاها و خدمات مانند سوخت، پخت‌وپز و شارژ تلفن معاوضه می‌کنند. بعد از آزمایش یک پروژه کوچک در لیما (پرو)، پلاستیک بانک در حال اجرای پروژه بزرگتری در هائیتی است و برنامه‌هایی برای برزیل و اندونزی نیز دارد.

صادرات پسماندهای پلاستیکی

امروزه کشورهای توسعه یافته وارد کننده پسمانده‌ها از جمله پسماندهای پلاستیکی هستند. تنها 1 درصد از پسماند پلاستیکی کانادا وارد محیط زیست می‌شود و در حالت کلی سواحل کانادا منبع اصلی آلودگی پسماندهای پلاستیکی دریایی نیستند. صادرات پسماندهای پلاستیکی برای بازیافت به سایر کشورهای توسعه‌یافته (از آنجایی که ممکن است تفکیک و پردازش داخلی آن اقتصادی نباشد) در حال انجام است. این اقدام با توجه به شرایط و استانداردهای مدیریت پسماند محلی در کشورهای دریافت‌کننده این واردات، باعث افزایش ریسک ورود پسماندهای پلاستیکی از طرف کانادا به محیط‌زیست می‌شود.

در سال 2018، بالغ بر 100000 تن از پسماندهای پلاستیکی از کانادا به سایر کشورها صادر شده است که این مقدار نسبت به سال 2016، 50000 تن کاهش یافته است (Yoshida et al., 2016). کاهش قابل ملاحظه در میزان پسماندهای پلاستیکی صادراتی به دلیل اتخاذ استانداردهای بالای چین برای مواد بازیافتی وارداتی از جمله پلاستیک‌ها است. با اجباری شدن چنین قوانین سختگیرانه‌ای صادارات پسماند پلاستیکی به سمت کشورهای دیگر از جمله مالزی انجام گرفت. با این اقدام مالزی تبدیل به دومین مقصد بزرگ برای صادرات در سال 2018 شد. بر اساس قوانین و تصمیم‌گیری‌های جدید در کشور مالزی در سال 2019، 3000 تن از پسماند پلاستیکی غیرقابل بازیافت به کشورهای مبدأ آن از جمله کانادا باز گردانیده شد (Yoshida et al., 2016).

پیشرفت‌های تحقیقاتی مدیریت پسماند پلاستیکی

تحقیقات در مورد استراتژی‌های پاکسازی و راه‌حل‌های فن‌آوری برای کاهش مقدار پلاستیک در محیط در حال انجام است. به عنوان مثال، بر اساس نتایج تحقیقاتی در ژاپن، گونه‌ای از باکتری‌ها قادر به تخریب پلاستیك PET و استفاده از آن به عنوان منبع

غذایی هستند. محققان همچنین، در مقاله‌ای که در مجله ساینس[1] منتشر کردند، باکتری Ideonella sakaiensis 201-F6 را آنزیم‌های تکامل‌یافته‌ای توصیف کردند که به صورت ویژه قادر به تجزیه PET در مقابله با تجمع پلاستیک در محیط هستند. این باکتری‌ها قادر به هیدرولیز سریع پلاستیک‌ها هستند و آزمایشات نشان داد که تخریب تقریباً کامل پلاستیک در عرض شش هفته میسر است (Yoshida et al., 2016).

یکی از طرح‌های علمی اجرا شده در رابطه با مدیریت پسماندهای پلاستیکی استفاده از سیستم ساده شبکه توری‌ها به منظور به دام انداختن زباله پلاستیکی در مسیر جریان آب (خروجی لوله زهکشی) می‌باشد. آب از مناطق مسکونی به این لوله‌ها می‌رسد و به نزدیک‌ترین مناطق طبیعی جریان می‌یابد. چنین سیستم تصفیه‌ای اثرات مضر و خطرناک زندگی انسان را بر طبیعت کاهش می‌دهد. نصب چنین سیستمی در مسیر کانال‌های آب در شهرها باعث جمع‌آوری حجم زیادی از پسماندها با اندازه بزرگ درون آب می‌گردد و قابلیت تخلیه مجدد و استفاده چندباره را نیز دارند. استفاده از سیستم‌های تفکیک و بازیافت گونه‌های مناسب به دام افتاده در توری‌ها، می‌تواند به مدیریت هرچه بهتر این‌گونه از پسماندها کمک کند (شکل 3).

شکل3-سیستم شبکه توری به دام انداختن زباله‌های پلاستیکی در جریانات آبی

نتیجه گیری

ورود پسماندهای شهری بخصوص پسماندهای پلاستیکی به دریا یکی از چالش‌های محیط زیستی مهم در سطح جهانی می‌باشد. ورود این نوع پسماندها با توجه به پایداری آن‌ها در دراز مدت، اثرات محیط زیستی مخربی در پی دارد. با توجه به اینکه ایران دارای پنج هزار و ۸۰۰ کیلومتر خط ساحلی است، مشکلات محیط زیستی ورود پسماندهای پلاستیکی به دریا در ایران نیز اهمیت داشته و باید تدابیری در زمینه جلوگیری از آسیب‌های محیط زیستی ناشی از ورود این پسماندها به دریا اندیشیده شود. مطالعه حاضر به دلیل اهمیت این موضوع در کشور ایران انجام شد و تلاش بر این بود که مسیرهای ورود این پسماندها و اثرات محیط زیستی آن‌ها بحث شده و راه‌کارهای مورد استفاده در دنیا برای مدیریت این پسماندها بررسی شود. امید است جمع آوری این مطالب در یک مقاله اهمیت موضوع را روشن‌تر نموده و مدیریت این پسماندها در کشور ایران مورد توجه بیشتری واقع شود.

منابع

Bendell, L.I., (2015) Favored use of anti-predator netting (APN) applied for the farming of clams leads to little benefits to industry while increasing nearshore impacts and plastics pollution. Marine Pollution Bulletin, 91(1), 22-28.

Bakir, A., Rowland, S.J. and Thompson, R.C., (2012) Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, *64*(12), 2782-2789.

Crawford, C.B. and Quinn, B., (2017) Microplastic Collection Techniques. Microplastic Pollutants,179-202.

Department of development and equipping ports coastal and marine engineering office, (2015) Integrated Coastal Zone Management Plan in Iran.

Dekiff JH, Remy D, Klasmeier J, Fries E. (2014) Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. Environmental Pollution, 186, 248–56.

[1] Science

Dhananjayan V, Muralidharan S. (2012) Polycyclic aromatic hydrocarbons in various species of fishes from Mumbai Harbour, India, and their dietary intake concentration to human. International Journal of Oceanography.
Europe, P., (2015) An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics–the facts.
Freinke, S., (2011) Plastic: a toxic love story. Text Publishing.
Fiedler H. (1998) Polychlorinated biphenyls (PCBs): uses and environmental releases. In: Proceedings of the subregional awareness raising workshop on Persistent Organic Pollutants (POPs). Abu Dhabi: United Arab Emirates.
Hirai, H., Takada, H., Ogata, Y., Yamashita, R., Mizukawa, K., Saha, M., Kwan, C., Moore, C., Gray, H., Laursen, D. and Zettler, E.R., (2011) Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. Marine pollution bulletin, 62(8), 1683-1692.
Https://www.imo.org.
Kalogerakis N, Arff J, Banat IM, Broch OJ, Daffonchio D, Edvardsen T, Eguiraun H, Giuliano L, Handå A, López-de-Ipiña K, Marigomez I. (2015) The role of environmental biotechnology in exploring, exploiting, monitoring, preserving, protecting and decontaminating the marine environment. New Biotechnology, 32(1), 157–67.
Koelmans AA, Besseling E, Wegner A, Foekma EM. (2013) Plastic as a carrier of POPs to aquatic organisms: a model analysis. Environmental Science and Technology, 47, 7812–20.
Kungskulniti, N., Charoenca, N., Hamann, S.L., Pitayarangsarit, S. and Mock, J., (2018) Cigarette waste in popular beaches in thailand: high densities that demand environmental action. International journal of environmental research and public health, 15(4), 630.
Kampire E, Rubidge G, Adams JB. (2015) Distribution of polychlorinated biphenyl residues in sediments and blue mussels (Mytilus galloprovincialis) from Port Elizabeth Harbour, South Africa. Marine Pollution Bulletin, 91, 173–9.
Law, K.L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N.A., Proskurowski, G., Peacock, E.E., Hafner, J. and Reddy, C.M., (2010) Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. Science, 329(5996), 1185-1188.
Leslie HA, Van Velzen MJM, Vethaak AD. (2013) Microplastic survey of the Dutch environment. Novel data set of microplastics in North Sea sediments, treated wastewater effluents and marine biota. Amsterdam: Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam.
Long M, Moriceau B, Gallinari M, Lambert C, Huvet A, Raffray J, Soudant P. (2015) Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. Marine Chemistry, 175, 39–46.
Liebezeit G, Dubaish F. (2012) Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekeroog and Kachelotplate. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 89, 213–7.
Miyake, H., Shibata, H. and Furushima, Y., (2011) Deep-sea litter study using deep-sea observation tools. Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry-Marine Environmental Modeling and Analysis: Terrapub, 261-269.
Moore CJ. (2008) Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, longterm threat. Environmental Research, 108, 131–9.
Muenmee, S., Chiemchaisri, W. and Chiemchaisri, C., (2015) Microbial consortium involving biological methane oxidation in relation to the biodegradation of waste plastics in a solid waste disposal open dump site. International Biodeterioration & Biodegradation, 102, 172-181.
Nuelle, M.T., Dekiff, J.H., Remy, D. and Fries, E., (2014) A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. Environmental Pollution, 184, 161-169.
Noren F, Naustvoll F. (2010) Survey of microscopic anthropogenic particles in Skagerrak. Commissioned by Klima-og Forurensningsdirektoratet, Norway.
Neufeld, L., Stassen, F., Sheppard, R. and Gilman, T., (2016), January. The new plastics economy: rethinking the future of plastics. In World Economic Forum (Vol. 7).
Nobre CR, Santana MFM, Maluf A, Cortez FS, Cesar A, Pereira CDS, Turra A. (2015) Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin Lytechinus variegatus (Echinodermata: Echinoidea). Marine Pollution Bulletin, 92(1), 99–104.

Obbard RW, Sadri S, Wong YQ, Khitun AA, Baker I, Thompson RC. (2014) Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. Earth's Future, 2(6), 315–20.

Pettipas, S., Bernier, M. and Walker, T.R., (2016) A Canadian policy framework to mitigate plastic marine pollution. Marine Policy, 68, 117-122.

Rice MR, Gold HS. (1984) Polypropylene as an adsorbent for trace organics in water. Analytical Chemistry, 56, 1436–40.

Rios LM, Moore C, Jones PR. (2007) Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin, 54, 1230–7.

Rios LM, Jones PR, Moore C, Narayan UV. (2010) Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". Journal of Environmental Monitoring, 12, 2189–312.

Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., Teh, S. and Thompson, R.C., (2013) Classify plastic waste as hazardous. Nature, 494(7436), pp.169-171.

Sharma, A., Aloysius, V. and Visvanathan, C., (2019) Recovery of plastics from dumpsites and landfills to prevent marine plastic pollution in Thailand. Waste Disposal & Sustainable Energy,1-13.

Shen, L., Haufe, J. and Patel, M.K., (2009) Product overview and market projection of emerging bio-based plastics PRO-BIP 2009. Report for European polysaccharide network of excellence (EPNOE) and European bioplastics, 243.

Tubau X, Canals M, Lastras G, Rayo X, Rivera J, Amblas D. (2015) Marine litter on the floor of deep submarine canyons of the Northwestern Mediterranean Sea: the role of hydrodynamic processes. Progress in Oceanography, 134, 379–403.

Tomlin J, Read NW. (1988) Laxative properties of indigestible plastic particles. British Medical Journal, 297, 1175–6.

Vanapalli, K.R., Sharma, H.B., Ranjan, V.P., Samal, B., Bhattacharya, J., Dubey, B.K. and Goel, S., (2020) Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. Science of The Total Environment, 750, 141514.

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

Walker, T.R., Grant, J. and Archambault, M.C., (2006) Accumulation of marine debris on an intertidal beach in an urban park (Halifax Harbour, Nova Scotia) Water Quality Research Journal, 41(3), 256-262.

Yoshida S., Hiraga K., Takehana T., Taniguchi I., Yamaji H., Maeda Y., Toyohara K., Miyamoto K., Kimura Y., Oda K., (2016), 'A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate)', Science, 351 6278, 1196.

Zarfl, C. and Matthies, M., (2010) Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic? Marine Pollution Bulletin, 60(10), 1810-1814.