

## مقایسه فراوانی، نوع و شکل میکروپلاستیک‌ها در ناحیه بالا و پایین جزر و مدی سواحل بندرعباس، خلیج فارس

زینت اسماعیلی<sup>۱</sup>، ابوالفضل ناجی<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد محیط‌زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، پست الکترونیکی: ze.esmaili@yahoo.com

۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، پست الکترونیکی: abolfazlnaji@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۱۴

\* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۳

### چکیده

این مطالعه به منظور بررسی فراوانی، توزیع و نوع میکروپلاستیک‌ها ( $< 5 \text{ mm}$ ) در رسوبات ناحیه بالا و پایین جزر و مدی انجام گرفت. نمونه برداری طی ماه‌های فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵ از پنج ایستگاه در سواحل بندرعباس، با استفاده از روش جداسازی بر اساس اختلاف چگالی و شناورسازی دو مرحله‌ای انجام شد. در ایستگاه‌های بالای جزر و مدی با میانگین ۱۴۲۲ ذره پلاستیکی بالقوه، مشخص گردید که حداکثر تعداد میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه بوستانو بوده و کمترین آن متعلق به ایستگاه خور آذینی است. در ایستگاه‌های پایین جزر و مدی نیز از مجموع میانگین ۳۰۶/۶۲ ذره پلاستیکی بالقوه، بالاترین غلظت میکروپلاستیک‌ها در رسوبات سطحی ایستگاه خور یکشنبه بوده و کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سورو است. از مجموع میکروپلاستیک‌های یافت شده در ایستگاه‌های مذکور، ۸۳٪ از منطقه بالای جزر و مدی و ۱۷٪ از منطقه پایین جزر و مدی یافت شدند که می‌توان نتیجه گرفت تجمع میکروپلاستیک‌ها در نزدیکی خط بالای جزر و مدی بیشتر است. کلمات کلیدی: میکروپلاستیک‌ها، محیط‌زیست دریایی، رسوبات سطحی، خلیج فارس.

### ۱. مقدمه

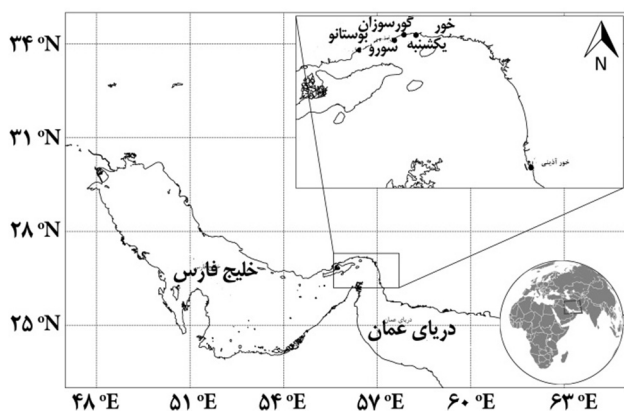
(1991) و یا در فن‌آوری هوازی<sup>۱</sup> تجهیزات استفاده می‌گردند (Derraik, 2002; Gregory, 1996). همچنین استفاده از آن‌ها در پزشکی به‌عنوان ماتریکس داروها به‌طور چشمگیری گزارش شده است (Patel et al., 2009). میکروپلاستیک‌های ثانویه توصیف‌کننده قطعات پلاستیکی کوچک به‌دست آمده از تجزیه بقایای پلاستیکی بزرگ‌تر، در دریا و در زمین یافت می‌شوند (Ryan et al., 2009; Thompson et al., 2004). باگذشت زمان فرآیندهای فیزیکی (سایش، حرکت امواج و تلاطم) به‌صورت زیست‌شناختی و شیمیایی، انسجام ساختاری زباله‌های پلاستیکی را کاهش داده و در نتیجه قطعه‌قطعه می‌شوند (Browne et al.,

قطعات پلاستیکی کوچک، الیاف و گرانول که "میکروپلاستیک" نامیده می‌شوند، از آغاز قرن بیستم، به‌عنوان آلاینده در نظر گرفته شدند (Ryan et al., 2009; Thompson et al., 2004). تکه‌های پلاستیکی محدوده ۱-۵ mm به‌عنوان میکروپلاستیک بزرگ (L-MPP) و ذرات کوچک‌تر از ۱mm به‌عنوان میکروپلاستیک کوچک (S-MPP) در نظر گرفته شدند (Vianello et al., 2013). پلاستیک‌هایی که به‌اندازه میکروسکوپی تولید شده‌اند، به‌عنوان میکروپلاستیک‌های اولیه معروف هستند. این پلاستیک‌ها به‌طور معمول در پاک‌کننده صورت و مواد آرایشی استفاده می‌شوند (Zitko and Hanlon,

<sup>1</sup> air-blasting

## ۲. مواد و روش‌ها

به منظور سنجش و اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها در رسوبات ساحلی پهنه جزر و مدی بندرعباس، ایستگاه‌ها بر اساس کانون آلودگی محیطی، از قبیل محل ورودی فاضلاب شهری (ایستگاه گورسوزان)، مکان استقرار صنایع (ایستگاه بوستانو)، اسکله‌های شیلات (ایستگاه سورو) و در تالاب حفاظت‌شده آذینی به دلیل اهمیت بوم‌سامانه مانگرو، تعیین شدند و ایستگاه خور یکشنبه بر مبنای عدم وجود منابع تولیدکننده میکروپلاستیک در مجاورت آن مشخص شد (شکل ۱). نمونه‌برداری طی ماه‌های فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۵ و در دو ناحیه بالا و پایین جزر و مدی پنج ایستگاه فوق انجام گردید.



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مطالعه حاضر در سواحل بندرعباس، خلیج فارس

در جداسازی میکروپلاستیک‌ها بر اساس چگالی در رسوبات از دو محلول NaI و NaCl استفاده شد (Nuelle et al., 2014; Van Cauwenberghe et al., 2013). به این نوع استخراج، جداسازی دومرحله‌ای گفته می‌شود (Hidalgo-Ruz et al., 2012). استفاده از NaCl ممکن است به برآورد کمتری از میزان میکروپلاستیک در رسوبات منجر شود (Stolte et al., 2015)، زیرا چگالی محلول ( $1/2 \text{ g/cm}^3$ ) بسیار کم‌تر از آن است که بتواند تمامی میکروپلاستیک‌ها را شناور نماید (Hidalgo-Ruz et al., 2012; Thompson et al., 2004). درحالی‌که، چگالی محلول اشباع NaI ( $1/8 \text{ g/cm}^3$ ) که در مطالعه حاضر استفاده شد، به‌اندازه کافی برای جداسازی پلیمرهای متداول (از جمله آن‌هایی که حاوی مواد افزودنی هستند) از مواد معدنی با چگالی بالاتر، بالا است (Nuelle et al., 2014).

گردشگری ساحلی، ماهیگیری تفریحی و تجاری، ناوگان‌های دریایی و صنایع دریایی (به‌عنوان مثال آبی‌پروری، سکوهای نفت) منابعی هستند که می‌توانند پلاستیک را به‌طور مستقیم وارد محیط‌زیست دریایی نموده و برای گیاهان و جانوران هم به‌صورت میکروپلاستیک اولیه و هم به‌عنوان میکروپلاستیک‌های ثانویه که متعاقباً به مدت زیاد تجزیه می‌شوند، ایجاد خطر کنند (Thompson et al., 2009). با توجه به اندازه کوچک و حضور آن‌ها، میکروپلاستیک‌ها این پتانسیل را دارند که هم در بوم‌سامانه‌های دریایی و هم در کف، توسط مجموعه‌ای از موجودات زنده دریایی مصرف شوند (Rios et al., 2009; Mendoza and Jones, 2015; Thompson et al., 2009). آنجاییکه ترکیب و سطح نسبتاً وسیعی دارند، آن‌ها را به یک سطح مناسب برای چسبیدن ترکیبات آلی مقاوم به تجزیه زیست‌شناختی و یا ترکیبات سمی که از طریق محیط‌های آبی وارد می‌شوند، تبدیل نموده است. در نتیجه از جایی که میکروپلاستیک‌ها پتانسیل تجمع زیستی را دارند، خوردن آن‌ها ممکن است آغاز تجمع سموم در زنجیره غذایی پایه باشد (Teuten et al., 2009). علاوه بر عوارض جانبی بالقوه ناشی از خوردن خود میکروپلاستیک‌ها، پاسخ (واکنش‌های) سمی نیز می‌تواند از الف) خروج آلاینده‌های موجود در میکروپلاستیک‌ها و ب) آلاینده‌های غیر اصلی، متصل به میکروپلاستیک‌ها، نتیجه شود (Cole et al., 2011).

استان هرمزگان در جنوب کشور ایران و در شمال تنگه هرمز قرار دارد. در کرانه‌های این استان در نواری به طول تقریبی ۹۰۰ کیلومتر از شرق، دریای عمان و از غرب، خلیج فارس قرار دارند. خلیج فارس در این منطقه از جنبه‌های مختلف نظیر ذخایر عظیم نفت و گاز، منابع غذایی (ماهی‌گیری و شیلات)، تنوع زیستی و ذخایر عظیم کانی و هم‌جواری با صنایع پالایشگاهی نفت بندرعباس و گاز سرخون، آلومینیوم المهدی، فولاد هرمزگان، مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس و غیره از اهمیت زیادی برخوردار است.

هدف از این مطالعه بررسی فراوانی، توزیع و نوع میکروپلاستیک‌ها در رسوبات ناحیه بالای جزر و مدی و ناحیه پایین جزر و مدی پنج سایت نمونه‌برداری در سواحل شهرستان بندرعباس، شامل سایت بوستانو، سورو، گورسوزان، خور یکشنبه و تالاب بین‌المللی آذینی با استفاده از روش جداسازی بر اساس اختلاف چگالی و شناورسازی دومرحله‌ای است.

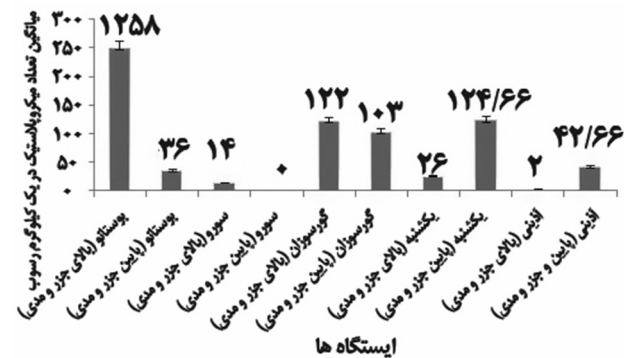
در درون بشر شیشه‌ای دیگری شسته گردید. پس از آن فیلتر کاغذی با مش ۲۵ میکرومتر را روی قیف شیشه‌ای قرار داده و محلول درون یک بشر جدید صاف گردید. فیلتر در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۱۲ ساعت جهت خشک شدن در آن قرار گرفت (Nuelle et al., 2014). سپس باقی‌مانده‌های روی فیلتر با دقت، با استفاده از یک قاشق آزمایشگاهی از جنس استیل ضدزنگ به ظرف شیشه‌ای انتقال داده شدند.

رسوب باقی‌مانده از مرحله قبل به بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اضافه گردید. سپس محلول NaI ۶۰٪ (وزنی / وزنی) به آن اضافه شد و بالن برای حدوداً ۲۰ ثانیه با دست تکان داده شد (Van Cauwenberghe et al., 2013; Nuelle et al., 2014). محلول رویی تا حدود ۱ سانتی‌متر در زیر زاویه شکم بالن به یک بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری منتقل داده شد و دوباره به مدت ۱۰ ثانیه اجازه داده شد تا مواد ته‌نشین شوند. پس از پنج بار تکرار مایع رویی جمع‌آوری شده در بشر ۲۰۰ میلی‌لیتری با استفاده از یک فیلتر نیتروسولوزی با مش ۰/۴۵ میکرومتر صاف گردید. فیلتر در هوا خشک‌شده و برای سنجش و شناسایی کنار گذاشته شد. همچنین، به‌منظور تعیین رابطه بین تعداد میکروپلاستیک‌های استخراج‌شده از رسوبات و میزان pH رسوب، pH به روش الکترومتری اندازه‌گیری گردید (Nor and Obbard., 2014; Vianello et al., 2013). تجزیه و تحلیل نوری فیلترها با استفاده از استریومیکروسکوپ (NOVEL NSZ-810, Ningbo Yongxin) با بزرگنمایی ۶/۵ تا ۴۰ برابر بیشتر انجام گردید (Vianello et al., 2013). تصاویر نوری از ذرات توسط دوربین دیجیتالی که به میکروسکوپ متصل شده بود، گرفته شد. ذراتی که با شناسایی نوری به‌عنوان پلاستیک بالقوه مشخص شدند با استفاده از موجین از یکدیگر جدا و شمارش شدند. داده‌های pH متر مطابق استاندارد (2010) MOOPAM مستقیماً یادداشت گردیدند. به‌منظور بررسی آنالیز آماری (میانگین و انحراف استاندارد میکروپلاستیک‌های یافت شده در هر ایستگاه و همچنین رابطه بین میکروپلاستیک‌ها و pH رسوب) از نرم‌افزار SPSS، نسخه ۲۰ استفاده شد.

### ۳. نتایج و بحث

تعداد کلی میکروپلاستیک‌های استخراج‌شده برای ده ایستگاه نمونه‌برداری در شکل ۲ آمده است. میکروپلاستیک‌ها در

نمونه‌برداری از پنج ایستگاه در دو منطقه ناحیه بالای جزر و مدی و در امتداد همان منطقه در ناحیه پایین جزر و مدی انجام گردید. از هر ناحیه سه عدد نمونه به‌صورت خطی در امتداد خط ساحل گرفته شدند.



شکل ۲: فراوانی میکروپلاستیک‌های جداسازی شده از رسوبات به تفکیک هر ایستگاه (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف میانگین هستند)

از هرکدام از مناطق ذکرشده، ۳ کیلوگرم رسوب از عمق حدود ۳ سانتی‌متری (۵-۰ cm) برداشت شد و در بطری‌های شیشه‌ای از پیش تمیز شده قرار داده شدند و سپس نمونه‌ها نام‌گذاری گردیدند (Hidalgo-Ruz et al., 2012; Nuelle et al., 2014). سپس بطری‌ها مهر و موم‌شده و در آزمایشگاه در دمای اتاق تا زمان آنالیز قرار گرفتند.

در مجموع یک کیلوگرم رسوب خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد وزن شدند و توسط الک با مش ۵ میلی‌متر الک گردیدند (Nuelle et al., 2014; Claessens et al., 2013). سپس رسوب برای مرحله اول استخراج بر اساس چگالی به وسیله NaCl در یک بشر ریخته شد و پس از آن در درون یک بشر بزرگ‌تر قرار داده شدند (Nuelle et al., 2014). پس از آن اشباع به بشر حاوی رسوب اضافه گردید تا سر ریز شد (Vianello et al., 2013; Nuelle et al., 2014; Claessens et al., 2013). مخلوط سرشار از محلول NaCl و ذرات شناور در ظرف شیشه‌ای بیرونی جمع‌آوری گردیدند (Nuelle et al., 2014). از آنجاکه انتقال مستقیم کل مایع رویی به فیلتر کاغذی بسیار زمان‌بر است، مایع رویی درون ظرف بیرونی با استفاده از یک ملاقه از جنس استیل ضدزنگ، گام‌به‌گام، به یک الک استیل ضدزنگ با مش ۲۵ میکرومتر روی یک ظرف جمع‌آوری منتقل شد (Nuelle et al., 2014). مواد باقی‌مانده در الک، حاوی رسوبات و میکروپلاستیک‌ها بود که دوباره با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب

خاک و ریشه جنگل‌های حرامی می‌توانند به صورت دام عمل کرده و آلاینده‌ها را در خود تجمع کنند. همچنین مانگرو می‌تواند به عنوان یک تصفیه‌کننده آلاینده عمل نماید (Latiff and Faridah-Hanum, 2014). در مطالعه حاضر کمترین میزان میکروپلاستیک یافت شده نیز در بین ایستگاه‌های پایین جزر و مدی در ایستگاه سورو مشاهده شد.

رایج‌ترین پلاستیک یافت شده پلی‌اتیلن (PE) بود که به عنوان مواد اولیه در بسته‌بندی (کیسه‌های پلاستیکی، فیلم‌های پلاستیکی، ظروف بطری و غیره) استفاده می‌شود. پس از آن رزین‌های نایلون بوده که به طور گسترده در صنعت خودرو و بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند و رشته‌های نایلون نیز به عنوان نخ در ماهیگیری استفاده می‌گردند. از آنجا که ایستگاه‌های بوستانو، سورو و یکشنبه نزدیک مکان‌های ماهیگیری شیلاتی و ماهیگیری تفریحی واقع شده‌اند؛ بنابراین، فعالیت‌های ماهیگیری به دلیل استفاده از تورها و لوازم ماهیگیری ثابت و شناور دور ریخته و یا رها شده در منطقه مورد مطالعه، به عنوان مهم‌ترین منبع نایلون در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) که با غلظت بالا در منطقه مورد مطالعه ایستگاه گورسوزان یافت شد، شایع‌ترین رزین پلیمری گرمانرم از خانواده پلی‌استر است که در لیاف لباس و ظروف حاوی مایعات و مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Qiu et al., 2015; Dekiff et al., 2014; Besseling et al., 2015; Thompson et al., 2004).

رابطه بین توزیع فراوانی بر اساس تعداد میکروپلاستیک‌ها در هر ایستگاه و مقدار pH رسوب، برابر آنالیز همبستگی پیرسون، معنی‌دار نبوده ( $P > 0.05$ ) که این نتایج مطابق با نتایج Nor Obbard (2014) است.

سهم نسبی انواع مختلف میکروپلاستیک‌ها در هر ایستگاه در ناحیه بالای جزر و مدی نشان داد که فیبرها (الیاف) فراوان‌ترین شکل آن‌ها (به طور متوسط ۸۳٪) بوده و پس از آن فیلم‌های پلاستیکی (به طور متوسط ۱۱٪) و قطعات (به طور متوسط ۶٪) هستند (شکل ۳). در ناحیه پایین جزر و مدی سهم نسبی میکروپلاستیک‌ها به صورت درصد نشان داد که فیبرها (به طور متوسط ۸۸٪) و پس از آن فیلم‌های پلاستیکی (به طور متوسط ۱۱٪) و قطعات (به طور متوسط ۱٪) فراوان‌ترین اشکال میکروپلاستیک‌های یافت شده هستند. فیبرها در هر دو منطقه بالا و پایین جزر و مدی در نمونه‌ها به طور چشمگیری بیشتر

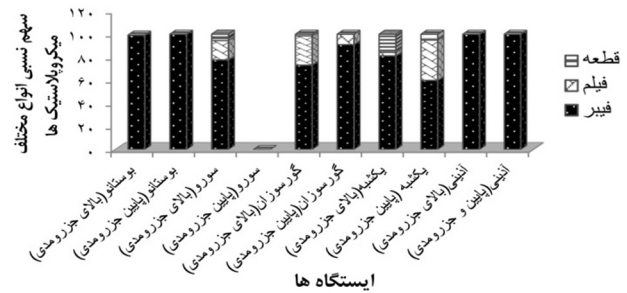
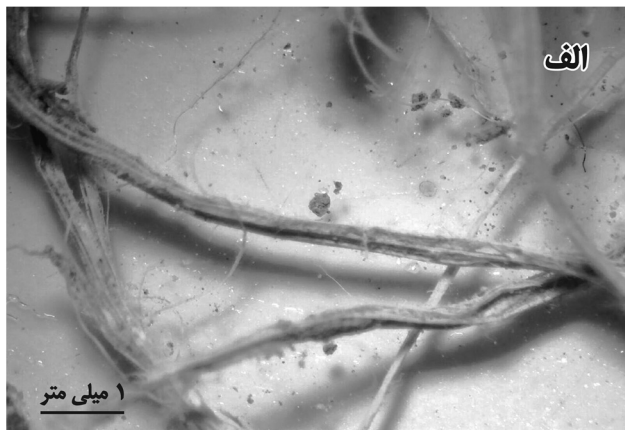
ایستگاه‌های بالای جزر و مدی با میانگین مقدار ۴/۲۱٪ با استفاده از مرحله اول شناسایی (استفاده از کلرید سدیم اشباع) جداسازی شدند و ۹۵/۷۸٪ در مرحله دوم (شناورسازی در محلول یدید سدیم) استخراج شدند. به همین ترتیب برای ایستگاه‌های پایین جزر و مدی ۲۱/۴۷٪ در مرحله اول و ۷۸/۵۲٪ در مرحله دوم جداسازی شدند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه‌های بالای جزر و مدی چگالی تقریباً ۴/۲۱٪ و در ایستگاه‌های پایین جزر و مدی چگالی تقریباً ۲۱/۴۷٪ از میکروپلاستیک‌های استخراج شده کمتر از  $3 \text{ gr/cm}^3$  بوده است. در مجموع در ایستگاه‌های بالای جزر و مدی، میانگین ۱۴۲۲ ذره پلاستیکی بالقوه بین میانگین ۱ و ۱۲۵۸ ذره در هر کیلوگرم نمونه رسوب خشک، مشخص شد که حداکثر تعداد میکروپلاستیک‌ها در ایستگاه بوستانو بندرعباس بوده و کمترین آن در این حالت متعلق به ایستگاه خور آذینی است. در ایستگاه‌های پایین جزر و مدی، از مجموع میانگین ۳۰۶/۶۲ میکروپلاستیک‌های یافت شده، بالاترین غلظت در رسوبات سطحی ایستگاه خور یکشنبه بوده و کمترین غلظت مربوط به ایستگاه سورو است.

میانگین تعداد میکروپلاستیک‌ها در تمام نمونه‌ها، صرف‌نظر از فعالیت‌های انجام شده در ایستگاه‌های نمونه‌گیری در ناحیه بالای جزر و مدی، ۲۸۴/۴۲ عدد در هر کیلوگرم رسوب خشک بوده و در ناحیه پایین جزر و مدی ۶۱/۳۲ عدد در هر کیلوگرم رسوب خشک بود. مطابق شکل ۲ میکروپلاستیک‌ها با میانگین مقدار ۸۲/۲۶٪ در ناحیه بالای جزر و مدی و میانگین ۱۷/۷۳٪ در ناحیه پایین جزر و مدی یافت شدند.

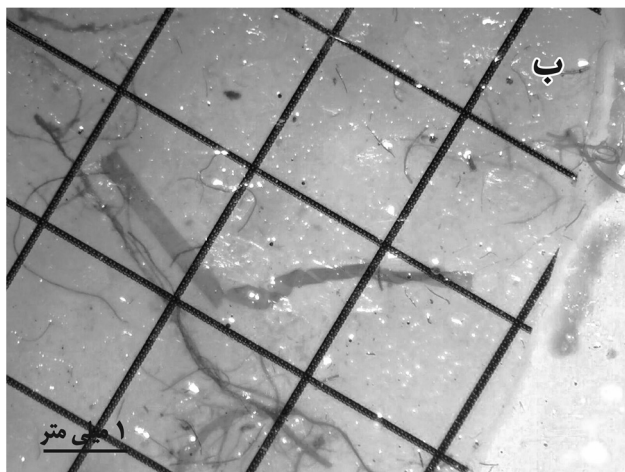
میکروپلاستیک‌ها در نتیجه فرآیندهای صنعتی و فعالیت‌های مختلف انسانی به بوم‌سامانه‌های آبی منتقل می‌شوند (Thompson et al., 2009). در حالی که کمترین غلظت میکروپلاستیک‌ها در رسوبات ایستگاه خور آذینی بوده که کمتر تحت تأثیر عوامل انسانی است. منابع اصلی ورودی میکروپلاستیک‌ها به ایستگاه بوستانو ساخت و سازهای صنعتی، فاضلاب‌های تصفیه نشده صنایع، فعالیت‌های شهرنشینی و فاضلاب‌های خانگی تصفیه نشده و یا تصفیه ناقص شده، هستند. این میکروپلاستیک‌ها از راه دور توسط روان آب‌ها و رودخانه‌ها به دریا وارد می‌شوند. در بین ایستگاه‌های پایین جزر و مدی ایستگاه خور یکشنبه بالاترین غلظت میکروپلاستیک‌ها را نشان می‌دهد. این منطقه دارای پوشش گیاهی مانگرو است که

خارک)، بیانگر بالا بودن فراوانی میکروپلاستیک‌ها در برخی نقاط نمونه‌برداری از قبیل ایستگاه گورسوران نسبت به ایستگاه خارگ می‌باشد که می‌تواند به دلیل جمعیت بیشتر مستقر در منطقه و استفاده از سواحل بندر عباس باشد. البته فراوان‌ترین نوع میکروپلاستیک‌های یافت شده در هر دو منطقه الیاف بوده‌اند (Naji et al., 2017a,b).

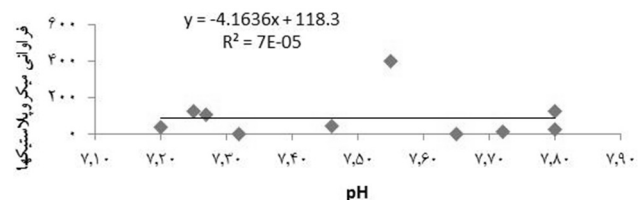
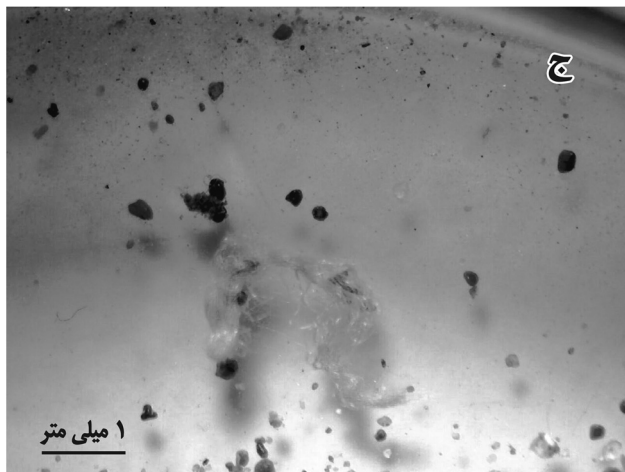
بوده‌اند، اما به دلیل ساختار شیمیایی مشابه با الیاف سلولز طبیعی شناسایی آن‌ها از یکدیگر سخت است. فیلم و گرانول از فراوانی کمتری برخوردار بودند، که می‌تواند به دلیل منشاء فراوان این نوع میکروپلاستیک (فراوانی رشته‌ها و نخ‌های ماهیگیری در سواحل) نسبت به قطعات و فیلم‌ها باشد.



شکل ۳: سهم نسبی انواع مختلف ایستگاه‌ها از میکروپلاستیک‌ها در هر ایستگاه



به منظور تجزیه و تحلیل و شناسایی انواع پلیمر میکروپلاستیک‌ها، در مجموع ۳۶ میکروپلاستیک بالقوه در کاغذ فیلتر به طور تصادفی با استفاده از موجین برداشته شد و توسط FTIR (Perkin Elmer, Spectrume GX)، طیف آنها استخراج گردید (Nuelle et al., 2014). نتایج نشان داد که فراوان‌ترین پلیمرهای میکروپلاستیک‌ها در هر دو ناحیه جزر و مدی، پلی‌اتیلن (PE)، نایلون (nylon) و پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) هستند. شکل ۵ تصویر زیر استریوسکوپ برخی میکروپلاستیک‌های یافت شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. برای تعیین همبستگی بین تعداد میکروپلاستیک‌های استخراج شده از رسوبات و میزان pH رسوب از آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد که رابطه بین توزیع فراوانی بر اساس تعداد میکروپلاستیک‌ها در هر ایستگاه و مقدار pH از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (شکل ۴).



شکل ۴: رابطه بین pH و فراوانی میکروپلاستیک‌ها به تفکیک در هر ایستگاه

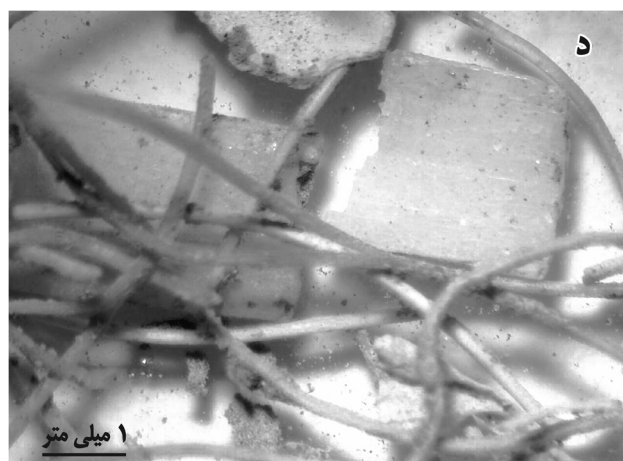
نتایج حاصل از مطالعه حاضر با نتایج گزارش شده توسط Akhbarzadeh و همکاران (۲۰۱۷) در استان بوشهر (منطقه

نتایج بدست آمده در این تحقیق در مقایسه با سایر مناطق بزرگ صنعتی و پرجمعیت مانند ساحل جزایر فریزی (Vianello et al., 2013)، خط ساحلی دریای چین (Qiu et al., 2015)، به‌طور قابل توجهی پایین‌تر بود. با این حال، آشکار است که غلظت میکروپلاستیک‌ها در خلیج فارس بالاتر از مقادیر گزارش شده در نواحی زیر جزر و مدی و خور در انگلستان (Thompson et al., 2004)، خط ساحلی سنگاپور (Ng and Obbard, 2006)، منطقه زیر جزر و مدی فلوریدا (Graham and Thompson, 2009)، ساحل برزیل (Ivar do Sul et al., 2009)، شیلی (Hidalgo-Ruz and Thiel, 2012) و کره جنوبی (Kim et al., 2015) است.

طبق مطالعات انجام گرفته توسط Thompson و همکاران (۲۰۰۹)، Cole و همکاران (۲۰۱۱) و Claessens و همکاران (۲۰۱۳) مبنی بر فراوان بودن میکروپلاستیک‌ها در نواحی صنعتی، نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که در بین ایستگاه‌های بالای جزر و مدی، ایستگاه بوستانو که در نزدیکی منطقه صنعتی واقع شده است، بالاترین فراوانی را دارا است. فراوانترین پلیمر موجود در میکروپلاستیک‌های یافت شده در مطالعه حاضر به ترتیب پلی اتیلن، نایلون و پلی اتیلن ترفتالات بود که مطابق با مطالعات انجام شده توسط Thompson و همکاران (۲۰۰۴)، Dekiff و همکاران (۲۰۱۴)، Qiu (2015) و همکاران (۲۰۱۵)، Besseling و همکاران (۲۰۱۵) روی میکروپلاستیک‌ها است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

مقایسه میکروپلاستیک‌های دو ناحیه بالا و پایین جزر و مدی سواحل بندرعباس، بیانگر این است که از مجموع ۲۱۰۶ قطعه میکروپلاستیک یافت شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در منطقه بالا و پایین جزر و مدی، ۸۳٪ از میکروپلاستیک‌های یافت شده در منطقه بالای جزر و مدی و ۱۷٪ از منطقه پایین جزر و مدی یافت گردیدند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تجمع میکروپلاستیک‌ها در نزدیکی خط بالای جزر و مدی بیشتر است. این موضوع می‌تواند به دلیل بیشتر بودن مقدار ماکروپلاستیک‌ها در قسمت بالای جزر و مدی ساحل باشد؛ که می‌توان چنین استنباط کرد که ناحیه بالای جزر و مدی مکان مناسب‌تری برای



شکل ۵: نمونه‌ای از میکروپلاستیک‌های استخراج شده در زیر استریوسکوپ. الف: ایستگاه پایین جزر و مدی بوستانو، ب: بالای جزر و مدی بوستانو، ج: بالای جزر و مدی گورسوزان، د: بالای جزر و مدی خور یکشبه، پ: پایین جزر و مدی خور یکشبه، ح: پایین جزر و مدی آذینی.

- B.M.; Janssen, R.C., 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1): 227-233.
- Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 842-852.
- Dekiff, J.H.; Remy, D.; Klasmeier, J.; Fries, E., 2014. Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environment Pollution*, 186: 248-256.
- Gregory, M.R., 1996. Plastic scrubbers in hand cleansers: a further and minor source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32: 867-871.
- Graham, E.; Thompson, J., 2009. Deposit and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 368: 22-29.
- 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. *Environment Science & Technology*, 46(6): 3060-3075.
- Ivar do Sul, J.A.; Spengler, A.; Costa, M.F., 2009. Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1236-1238.
- Kim, I.S.; Chae, D.H.; Kim, S.K.; Choi, S.; Woo, S.B., 2015. Factors influencing the spatial variation of microplastics on high-tidal coastal beaches in Korea. *Arch Environment. Contam Toxicol*, 15: 155-6.
- Liebezeit, G.; Dubaish, F., 2012. Microplastics in beaches of the East Frisian islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bulletin Environment Contam Toxicol*, 89(1): 213-217.
- Latiff, A.; Faridah-Hanum, I., 2014. Mangrove ecosystem نمونه‌برداری است. در مقایسه شکل میکروپلاستیک‌های یافت شده در ناحیه بالا و پایین جزر و مدی، میزان بالای فیبرها نسبت به فیلم‌های پلاستیکی و قطعات در هر دو ناحیه به هم شباهت داشته که می‌توان آن را به منشاء میکروپلاستیک‌ها (فراوانی رشته‌ها و نخ‌های ماهیگیری در سواحل نسبت به سایر ماکروپلاستیک‌ها) نسبت داد. با مقایسه نوع میکروپلاستیک‌های یافت شده در ناحیه بالا و پایین جزر و مدی، می‌توان دریافت که پلی‌اتیلن (PE)، نایلون و پلی‌اتیلن ترفتالات به ترتیب در هر دو ناحیه بالا و پایین جزر و مدی، بیشترین نوع پلیمر میکروپلاستیک‌های یافت شده هستند. از آنجاکه زمان تجزیه ماکروپلاستیک‌ها به میکروپلاستیک‌ها طولانی است، به نظر می‌رسد زمان نمونه‌برداری اثر قابل‌ملاحظه‌ای روی فراوانی میکروپلاستیک‌های یافته شده نداشته، اگرچه این موضوع نیازمند مطالعه بیشتر است و می‌تواند به‌عنوان موضوع پیشنهادی مطالعات آتی ارائه گردد.
- منابع**
- 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). *Environment Pollution Bulletin*, 220: 720e731.
- Browne, M.A.; Galloway, T.; Thompson, R.C., 2007. Microplastic an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3: 559-561.
- Besseling, E.; Foekema, E.M.; Van Franeker, J.A.; Leopold, M.F.; Kuhn, S.; Rebolledo, E.L.; Hesse, E.; Mielke, L.; Jzer, I.J.; Kamminga, P.; Koelmans, A.A., 2015. Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale *Megaptera novaeangliae*. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1): 248-252.
- 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.
- Claessens, M.; Van Cauwenberghe, L.; Vandegehuchte,

- in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364: 1999-2012.
- Rios Mendoza, L.M.; Jones, P.R., 2015. Characterization of microplastics and toxic chemicals extracted from microplastic samples from the North Pacific Gyre. *Environmental Chemistry*, 12(5): 611.
- Stolte, A.; Forster, A.; Gerdt, G.; Schubert, H., 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2): 216-229.
- Thompson, R.C.; Olsen, Y.; Mitchell, R.P.; Davis, A.; Rowland, S.J.; John, A.W.G.; McGonigle, D.; Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304-838P.
- Thompson, R.C.; Moore, C.J.; Vom Saal, F.S.; Swan, S.H., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364:2153-2166.
- Teuten, E.L.; Saquing, J.M.; Knappe, D.R.U.; Barlaz, M.A.; Jonsson, S.; Bjarn, A.; Rowland, S.J.; Thompson, R.C.; Galloway, T.S.; Yamashita, R.; Ochi, D.; Watanuki, Y.; Moore, C.; Viet, P.H.; Tana, T.S.; Prudente, M.; Boonyatumanond, R.; Zakaria, M.P.; Akkhang, K.; Ogata, Y.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Mizukawa, K.; Hagino, Y.; Imamura, A.; Saha, M.; 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: 2027-2045.
- Vianello, A.; Boldrin, A.; Guerriero, P.; Moschino, V.; Rella, R.; Sturaro, A.; DaRos, 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.
- of Malaysia. status, challenges and management strategies. New York: Springer, 1-22PP.
- Moore, C.J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108: 131-139.
- Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (MOOPAM), 2010. Regional organization for the protection of the marine environment. Kuwait (fourth edition), II-24P.
- Ng, K.L.; Obbard, J.P., 2006. Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7): 761-767.
- Nor, N.H.M.; Obbard, J.P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 278-283.
- Nuelle, M.T.; Dekiff, J.H.; Remy, D.; Fries, E., 2014. A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environment Pollution*, 184: 161-169.
- Naji, A.; Esmaili, Z.; Khan, F.R., 2017a. Plastic debris and microplastics along the beaches of the Strait of Hormuz, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 114: 1057-1062.
- Naji, A.; Esmaili, Z.; Mason, S.A.; Vethaak, A.D., 2017b. The occurrence of microplastics contamination in littoral sediments of the Persian Gulf, Iran. *Environment Science Pollution Research*, 24: 20459-20468.
- Patel, M.M.; Goyal, B.R.; Bhadada, S.V.; Bhatt, J.S.; Amin, A.F., 2009. Getting into the brain: approaches to enhance brain drug delivery. *CNS Drugs*, 23: 35-58.
- Qiu, Q.; Peng, J.; Yu, X.; Chen, F.; Wang, J.; Dong, F., 2015. Occurrence of microplastics in the coastal marine environment: First observation on sediment of China. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1-2): 274-280.
- Ryan, P.G.; Moore, C.J.; van Franeker, J.A.; Moloney, C.L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris



Zitko, V.; Hanlon, M., 1991. Another source of pollution by plastics: skin cleansers with plastic scrubbers. *Marine Pollution Bulletin*, 22: 41-42.

Van Cauwenberghe, L.; Vanreusel, A.; Meesb, J.; Janssen, R.C., 2013. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 182: 495-499.