دوماهنامه طبّ جنوب
پژوهشکده زیست- پزشکی خلیج فارس
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر
سال بیست و ششم، شماره ۵، صفحه ۳۰۱-۲۸۴ (آذر و دی ۱۴۰۲)

Iran South Med J 2023; 26(5): 284-301

بررسی وقوع و فراوانی میکروپلاستیک‌ها در گردوغبار ته نشست شده در محیط‌های داخل و خارج منازل مسکونی شهر کرمانشاه

سیدعنایت هاشمی (PhD)[1*]، منیره نوری (PhD)[2]، سپیده ناصری (MSc)[2]، هوشیار حسینی (PhD)[3**]، مجتبی لیمویی (PhD)[3]

[1] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
[2] کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[3] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۵- پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱)

چکیده

زمینه: میکروپلاستیک‌ها آلاینده‌های محیطی پایدار هستند. حضور آن‌ها در منابع آبی، هوا و زنجیره‌های غذایی نگرانی فزاینده‌ای در سراسر جهان است. از آنجایی که هوا یک بستر محیطی قوی است، انتشار و اثرات میکروپلاستیک‌های موجود در هوا می‌تواند به صورت موضعی باقی بماند یا بسیار فراتر از نقطه انتشار باشد. در این مطالعه آلودگی هوای محیط داخل و خارج منازل مسکونی در شهر کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: جهت جمع‌آوری نمونه، در قسمت‌های مختلف خانه اعم از اتاق، پذیرایی، آشپزخانه، راهرو، حیاط و پشت بام به عنوان نقاط نمونه‌برداری انتخاب گردید. در کل تعداد ۱۰ ایستگاه به عنوان نقاط نمونه‌برداری انتخاب گردید. نمونه‌ها پس از شستشو توسط آب مقطر و انتقال به آزمایشگاه از طریق یک فیلتر فایبرگلس (قطر ۴۷ میلی‌متر، منفد ۱/۱ میکرومتر) با استفاده از پمپ خلاء فیلتر شدند. پس از تهیه و استخراج نمونه‌های فوق، از روش بصری برای تشخیص کمی و کیفی میکروپلاستیک‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه، حضور میکروپلاستیک را در تمامی نمونه‌ها تأیید نمود. فراوانی میکروپلاستیک‌ها با حداقل مقدار ۱۵۸ و حداکثر مقدار ۴۴۸۰ عدد در هر متر مربع بود. نمونه‌های داخل منزل به‌طور معناداری بیشتر از نمونه‌های خارج از منزل بود. بیشترین فراوانی مربوط به الیاف مشکی رنگ بوده و با منشاء مسنوجات نسبت داده می‌شوند. همچنین بیش از ۷۸ درصد نمونه‌ها، با اندازهٔ کمتر از ۵۰۰ میکرومتر تعیین گردیدند.

نتیجه‌گیری: قرار گرفتن در معرض احتمالی با هوای آلوده به میکروپلاستیک اجتناب‌ناپذیر است و در حال حاضر دانش ما در مورد انتشار میکروپلاستیک در هوای داخلی، و همچنین در مورد عوامل مؤثر بر انتقال میکروپلاستیک کم است. نیاز به مطالعات بیشتر با تمرکز بر این موضوعات وجود دارد، چرا که در ارزیابی خطر بالقوه میکروپلاستیک بر سلامت انسان از اهمیت بالایی برخوردار است.

واژگان کلیدی: میکروپلاستیک، گردوغبار، کیفیت هوا، محیط داخل، محیط خارج

**کرمانشاه، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

Email: hoo.hosseini@gmail.com
***ORCID: 0000-0003-1967-0904**
****ORCID: 0000-0002-4049-9235**

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

مقدمه

پلاستیک‌ها به عنوان موادی بسیار پرکاربرد در جوامع مدرن شناخته می‌شوند و به دلیل رشد چشمگیر تقاضا برای این مواد، تولید جهانی پلاستیک با سرعتی شگفت‌انگیز در حال افزایش است. در دهه ۱۹۵۰، تولید پلاستیک در سراسر جهان حدود ۱/۵ میلیون تن بود؛ اما تا سال ۲۰۱۵ به ۳۸۰ میلیون تن افزایش یافت (۱).

تجزیه پلاستیک‌ها در نتیجه تخریب و فشارهای مکانیکی منجر به تولید میکروپلاستیک‌های اولیه و ثانویه می‌شود. اصطلاح میکروپلاستیک معمولاً به هر قطعه پلاستیکی اطلاق می‌شود که قطر آن کمتر از ۵ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۱ میکرومتر باشد. متأسفانه با توجه به اینکه تولید پلاستیک‌هایی مانند کیسه‌های پلاستیکی، جعبه‌ها، بطری‌ها و به طور کلی در صنایع بسته‌بندی در نیم قرن اخیر به‌طور تصاعدی افزایش یافته است، این قطعات کوچک پلاستیک به‌طور پیوسته در محیط زندگی انسان افزایش یافته است. وجود میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های مختلف مانند آب، هوا و همچنین مواد غذایی مصرف‌شده توسط ارگانیسم‌ها تأیید شده است (۲). میکروپلاستیک‌ها علاوه بر اثرات نامطبوع در موجودات آبزی، تمایل به جذب و تجمع آلاینده‌ها نیز دارند (۳).

کنترل و مدیریت آلودگی میکروپلاستیکی در محیط مستلزم شناخت کامل منابع و مسیرهای آن است که از شناسایی و شناخت میکروپلاستیک‌ها در انواع مختلف نمونه ها در محیط شروع می‌شود. در محیط زیست با شروع از تجمع میکروپلاستیک‌ها در آب اقیانوس‌ها، میکروپلاستیک‌ها به آب شیرین، زمین و حتی هوا نفوذ می‌کنند. میکروپلاستیک‌ها یک آلاینده محیطی پایدار هستند. حضور آن‌ها در منابع آبی، هوا و زنجیره‌های غذایی نگرانی فزاینده‌ای در سراسر جهان است. سازمان‌های نظارتی که وظیفه نظارت بر آلودگی محیط‌زیست را دارند، در تلاش برای رسیدگی به این نگرانی هستند تا محدوده و روش‌شناسی را برای تعیین مشخصات میکروپلاستیک ایجاد کنند. با این حال، اندازه و تنوع این میکروآلاینده‌ها چالش‌هایی را برای توسعه چنین روشی ایجاد می‌کند. اما برخلاف تصور بسیاری، میکروپلاستیک‌ها نه تنها در آب‌های آزاد و اقیانوس‌ها یافت می‌شوند، بلکه این پلاستیک‌های ریز توسط باد حرکت می‌کنند و برخلاف تصور عموم می‌توانند از مکان‌های دور به سمت ما آمده و از طریق تنفس وارد بدن ما شوند.

از آنجایی که هوا یک بستر محیطی قوی است، انتشار و اثرات میکروپلاستیک‌های موجود در هوا می‌تواند به صورت موضعی باقی بماند یا بسیار فراتر از نقطه انتشار باشد. طی یکسری آزمایشات برروی برف‌های قطب شمال مشخص شد که در هر لیتر برف ذوب شده هزاران میکروپلاستیک وجود دارد (۴). براساس مطالعات مختلف، میکروپلاستیک در بین ذرات موجود در هوا به نسبت ۲۹ درصد حضور دارد که ناشی از لباس‌های الیافی، مصارف خانگی، سوزاندن و دفن زباله‌ها و تخریب ماکروپلاستیک‌ها می‌باشد. وجود میکروپلاستیک‌ها در هوا بیانگر آن است که این ذرات بسیار ریز می‌توانند از راه تنفس وارد بدن شوند. میکروپلاستیک‌ها و محصولات جانبی آن‌ها (فتالات، بیسفنول و غیره...) می‌توانند منجر به اثراتی بر سلامتی از جمله، تأثیر بر هورمون‌های تولید مثل، سرطان‌زایی و جهش‌زایی شوند. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که فیبرهای پلاستیکی از جمله پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و پلی‌کربنات در مایع فیزیولوژیکی بسیار با دوام هستند، که نشان می‌دهد الیاف پلاستیکی بادوام بوده و احتمالاً در ریه دوام خواهند داشت و سبب آسیب به آن می‌شوند (۵).

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

میکروپلاستیک‌های موجود در هوا در سراسر جهان یافت شده‌اند، اما به ویژه در نیمکره شمالی، از جمله فرانسه، ایران، چین، ژاپن، ویتنام، نپال، ایالات متحده، کلمبیا، عربستان سعودی، کره جنوبی، کویت، یونان، رومانی، پاکستان و هند به فراوانی وجود دارند (۶). قرار گرفتن در معرض میکروپلاستیک‌های موجود در هوا می‌تواند از طریق استنشاق، نفوذ از طریق منافذ پوست و بلع غذاهای حاوی آن‌ها رخ دهد (۷). میکروپلاستیک‌ها اغلب دارای سطح ویژه بزرگی هستند و عمدتاً آبگریز هستند، به این معنی که آب را دفع می‌کنند. این ویژگی‌های میکروپلاستیک‌ها که قادر به پنهان کردن و حمل مواد مضر در داخل بدن حیوانات یا انسان‌هایی است که آن‌ها را استنشاق، جذب کرده و یا می‌بلعند اهمیت آن‌ها را دوچندان می‌کند (۸). در حالی که تحقیقات میکروپلاستیک‌های موجود در هوا در مراحل ابتدایی خود هستند، مطالعات روی استنشاق میکرو و نانوذرات پلاستیک مجموعه‌ای از اثرات نامطلوب را در امتداد دستگاه تنفسی از تحریک تا شروع سرطان در موارد مواجهه مزمن از آن نشان می‌دهد (۹). این اثرات نامطلوب عبارتند از: واکنش‌های فوری شبه آسم؛ واکنش‌های التهابی و تغییرات فیبروتیک، مانند برونشیت مزمن؛ اختلالات ریوی مانند آلوئولیت آلرژیک خارجی و پنومونی مزمن. آمفیزم ریوی (۹) ایجاد بیماری‌های بینابینی ریه (۱۰)، استرس اکسیداتیو و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و در نتیجه توانایی آسیب رساندن به سلول‌ها (اثرات سیتوتوکسیک) و بیماری‌های خودایمنی (۹ و ۱۰).

تحقیقات بر روی میکروپلاستیک‌های موجود در محیط‌های مختلف نظیر آب، خاک و هوا در حال انجام است. با توجه به بررسی‌های انجام شده تاکنون رخداد میکروپلاستیک‌ها در گردوغبار ته نشست شده در محیط‌های داخل و خارج منازل مسکونی در داخل کشور صورت نگرفته است. در این راستا مطالعه حاضر به بررسی وضعیت اولیه ته نشت‌های میکروپلاستیکی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه و محدوده جغرافیایی مطالعه

این مطالعه توصیفی- تحلیلی در شهر کرمانشاه انجام شد. شکل ۱ نقشه نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد که با استفاده از GIS ترسیم شده است. جهت جمع‌آوری نمونه یک باب منزل مسکونی در نظر گرفته شده است که قسمت‌های مختلف خانه اعم از اتاق، پذیرایی، آشپزخانه، راهرو، حیاط و پشت بام به‌عنوان نقاط نمونه‌برداری انتخاب گردید. تعداد ۱۰ نقطه به‌عنوان نقاط نمونه‌برداری انتخاب و در این راستا از روش ته نشست ذرات میکروپلاستیک استفاده شد (۷). از این رو سطوح فلزی و فولادی با ابعاد ۳۳×۲۳ سانتی‌متر در ارتفاع مشخصی از سطح زمین قرار داده شدند. هر کدام از صفحات به مدت ۷ روز در معرض هوای داخل و خارج از ساختمان قرار گرفتند. پس از زمان مذکور، نمونه‌های رسوب با شستشو توسط آب مقطر به بطری‌های دربسته شیشه‌ای انتقال داده شدند. بطری‌ها قبلاً با آب مقطر (برای رفع آلودگی‌های مختلف) کاملاً شستشو داده شده بودند. سپس در آزمایشگاه نمونه‌ها با استفاده از فیلتر فایبرگلاس و قیف بوخنر فیلتر شدند و تمام فیلترها در پلیت در بسته نگهداری شده و برای انجام آنالیزهای لازم به آزمایشگاه‌های مورد نظر فرستاده شدند. پس از انتقال نمونه‌های آب به آزمایشگاه به‌منظور اکسیداسیون مواد آلی، به هر لیتر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر محلول H_2O_2 ۳۰ درصد (مرک آلمان) اضافه گردید. مزایای استفاده از این

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

عامل، هضم مواد ارگانیک با کارایی حدود ۹۵ درصد است (۱۱).

استخراج میکروپلاستیک‌ها

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه از طریق یک فیلتر فایبرگلس (کاغذ فیلتر فایبرگلس میکرو A-۵۰، قطر ۴۷ میلی‌متر، منفد ۱/۱ µ) با استفاده از پمپ خلاء فیلتر شد. سپس تمام غشاهای فیلتر در پتری دیش شیشه‌ای ذخیره شده و تا تکمیل تجزیه و تحلیل بیشتر با درپوش در زیر هود نگهداری شدند.

کنترل آلودگی

برای جلوگیری از آلودگی در طی آنالیز، تمام مواد استفاده شده با الکل تمیز می‌شوند و از ظروف آزمایشگاهی پلاستیکی در طول این مطالعه اجتناب می‌شود. تمام نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای قرار داده می‌شوند. کت‌ها و دستکش‌های آزمایشگاهی پشمی در تمام مراحل استفاده می‌شوند. تمام ظروف شیشه‌ای پس از هر آزمایش با آب لوله‌کشی و دو بار با آب مقطر شسته می‌شوند و برای کاهش آلودگی روی آن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانده می‌شود.

روش اندازه‌گیری میکروپلاستیک‌ها

پس از تهیه و استخراج نمونه‌های آب فوق، از یک میکروسکوپ stereomicroscope (Olympus SZX16، Olympus K.K، ژاپن) برای تشخیص کمی و کیفی میکروپلاستیک‌ها استفاده شد. بررسی بصری مقادیر میکروپلاستیک و اندازه، شکل و رنگ آن‌ها ثبت شد. به منظور کمک به تمایز بین میکروپلاستیک‌ها و سایر ساختارهای کریستالی، مانند قطعات شیمیایی و نمک، از تست سوزن داغ استفاده شد (۱۲). به این ترتیب که با استفاده از یک سوزن بسیار داغ، قطعات میکروپلاستیک پیچ خورده یا ذوب می‌شوند. جهت تعیین مورفولوژی سطح میکروپلاستیک‌ها از میکروسکوپ الکترونی (شرکت زایس آلمان، SIGMA VP-500 ZEISS) استفاده شد.



شکل ۱) نقشه ایستگاه نمونه‌برداری
Fig 1) Map of the sampling station

یافته‌ها

در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری و همچنین محل دقیق برداشت نمونه‌ها در منزل مسکونی ذکر شده است.

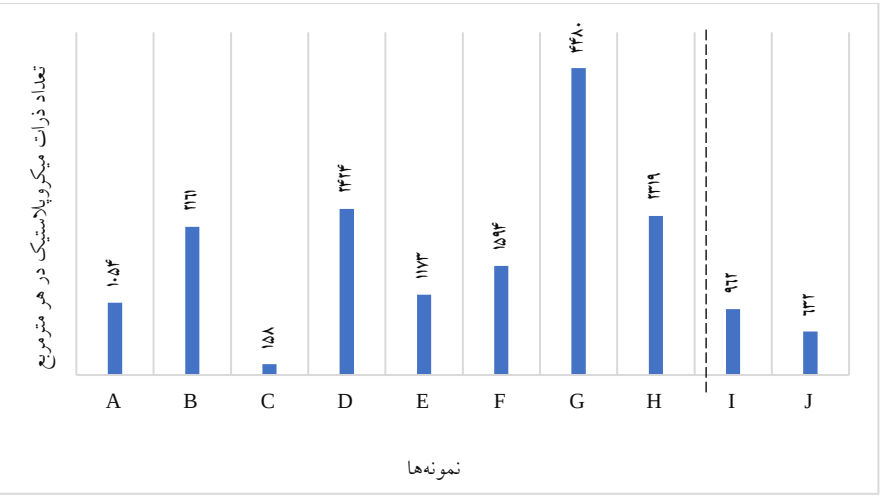
[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

جدول ۱) مشخصات نقاط نمونه‌برداری		
مختصات جغرافیایی ایستگاه نمونه‌برداری	34°20'38.6"N 47°05'20.9"E	
نقاط نمونه‌برداری	نقطه برداشت نمونه	میانگین تعداد ذرات میکروپلاستیک
a	اتاق خواب ۱	۸۰
b	آشپزخانه	۱۶۴
c	راهرو	۱۲
d	اتاق نشیمن	۳۴۰
e	اتاق خواب ۲	۸۹
f	پذیرایی ۱	۱۲۱
g	پذیرایی ۲	۱۸۴
h	اتاق خواب ۳	۱۷۶
i	پشت بام	۷۳
j	حیاط	۴۸

کمیت میکروپلاستیک‌ها

شکل ۲ تعداد کل میکروپلاستیک‌های شناسایی شده در محل‌های مختلف را نشان می‌دهد. میکروپلاستیک‌ها در تمامی نقاط نمونه‌برداری داخل و خارج از فضای خانه یافت شدند. تعداد کل میکروپلاستیک‌ها با مقداری حدود بین ۱۵۸ تا ۴۴۸۰ ذره در هر متر مربع و با میانگین ۱۶۹۵±۱۲۳۰ متغیر بود، که به موجب آن چهار نمونه حاوی بیشترین میکروپلاستیک بوده و از میانگین بیشتر بودند. کمترین تعداد میکروپلاستیک مربوط به نمونه‌های خارج از ساختمان و همچنین در راهرو خانه‌ها مشاهده شدند.



شکل ۲) میزان میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های مختلف در واحد سطح (متر مربع)

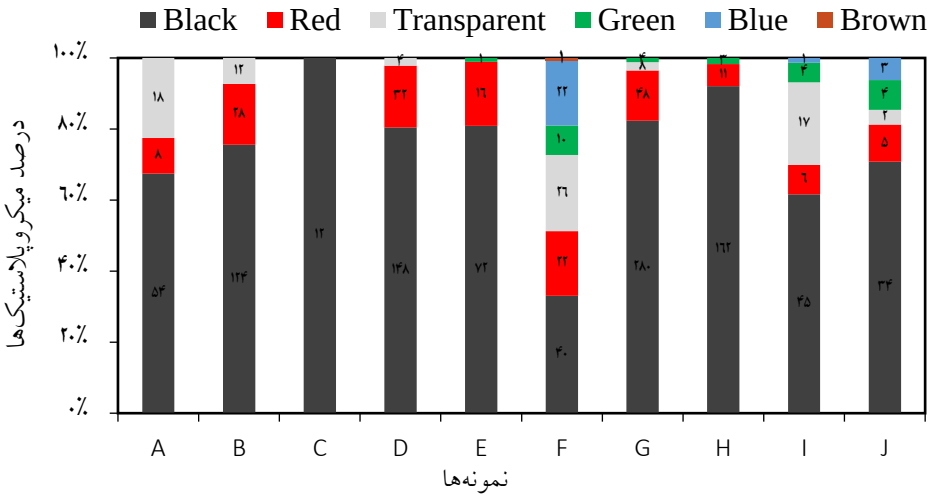
Fig 2) Amount of microplastics in different samples per unit area (square meter)

رنگ و شکل میکروپلاستیک‌ها

شکل ۳ انواع و توزیع رنگی میکروپلاستیک‌های موجود در نمونه‌های ته نشستی هوا را نشان می‌دهد. بیشترین رنگ میکروپلاستیک مشاهده شده مربوط به رنگ مشکی بود.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

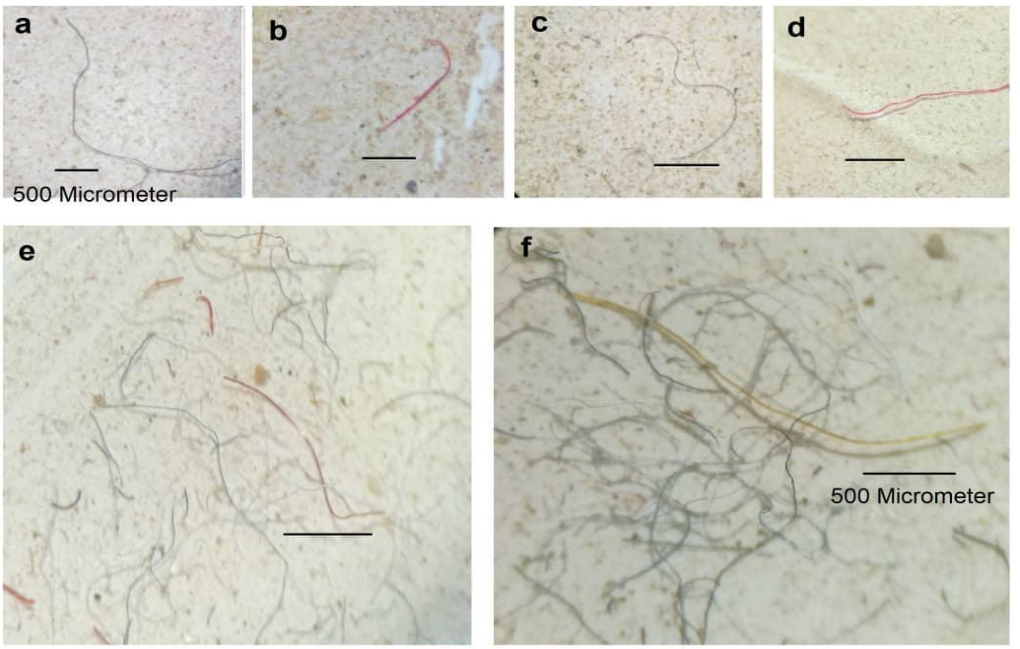
[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]



شکل ۳) توزیع فراوانی ذرات بر اساس رنگ

Fig 3) Particle abundance distribution by color

شکل ۴ تصاویر میکروپلاستیک‌های شناسایی شده را به همراه رنگ و اندازه آن‌ها نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان دریافت بیشتر ذرات میکروپلاستیک یافت شده به شکل الیاف فیبری بوده و در رنگ‌های مختلف قابل شناسایی هستند.



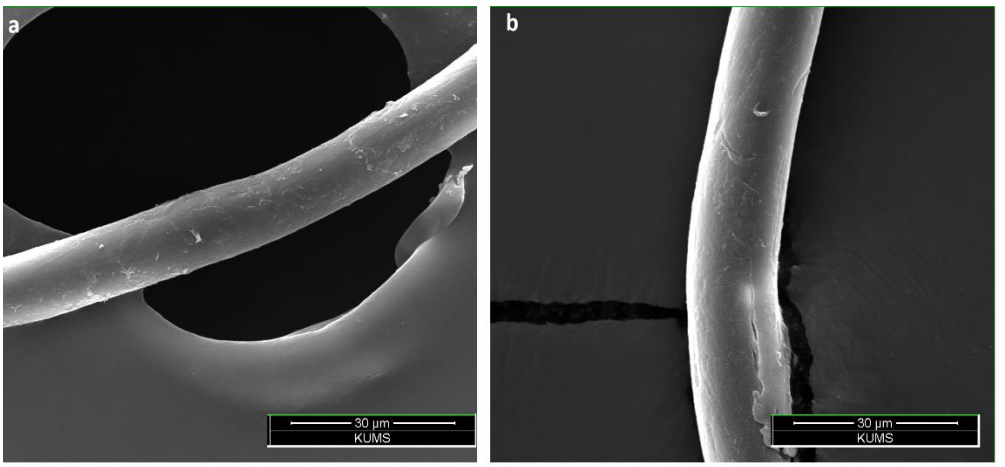
شکل ۴) تصویر گرافیکی از میکروپلاستیک‌های موجود در نمونه‌های تهنشتی هوا

Fig 4) Graphical illustration of microplastics found in air leakage samples

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

در شکل ۵ نیز تصاویر سه بعدی از میکروپلاستیک‌های موجود با بزرگ‌نمایی ۳۰ میکرومتر نمایش داده شده است.

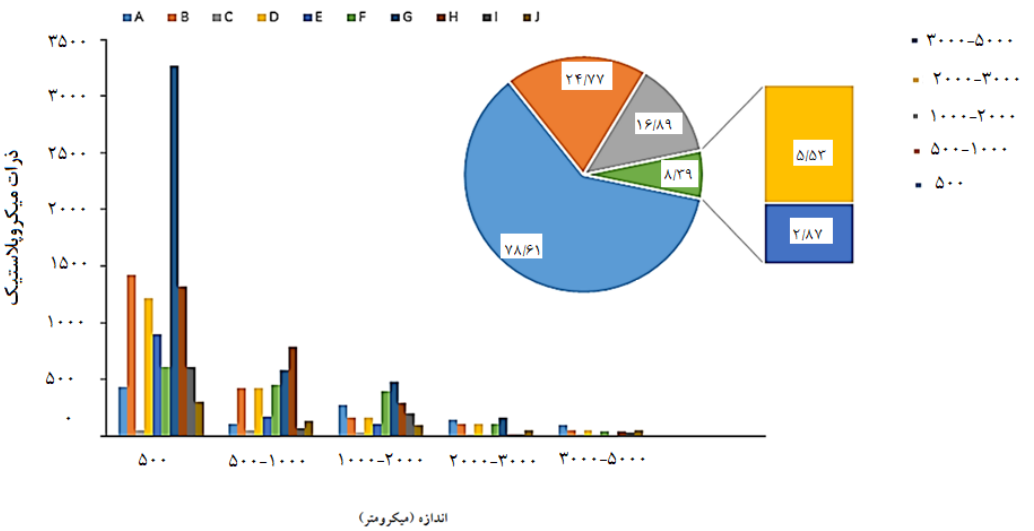


شکل ۵) تصویر میکروسکپ الکترونی از میکروپلاستیک‌های موجود در نمونه‌های ته‌نشتی هوا

Fig 5) Electron microscope image of microplastics in air leak bottom samples

توزیع اندازه میکروپلاستیک‌ها

شکل۶ توزیع اندازه ذرات میکروپلاستیک در نمونه‌ها را نشان می‌دهد قطر میکروپلاستیک‌ها شناسایی شده بین ۵۰۰ میکرومتر تا ۵۰۰۰ میکرومتر بود. بیشترین فراوانی (۷۸/۶ درصد) مربوط به ذرات با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر بود.



شکل ۶) اندازه ذرات میکروپلاستیک در واحد سطح

Fig 6) Size of microplastic particles per unit area

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که میکروپلاستیک‌ها در تمامی نقاط نمونه‌برداری داخل و خارج از فضای خانه با میانگین و انحراف معیار میانگین ۱۶۹۵±۱۲۳۰ یافت می‌شوند. کمترین تعداد میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های خارج ساختمان و همچنین در راهروها مشاهده شدند. کلین (Klein) و همکاران، مطالعه ای پیرامون بررسی حضور میکروپلاستیک ها در رسوبات جوی شهر هامبورگ را در سال ۲۰۱۹ منتشر کردند. بر اساس نتایج آن‌ها، ذرات میکروپلاستیک در تمام نمونه‌ها وجود داشتند. میانگین فراوانی بین ۱۳۶/۵ و ۵۱۲ ذره میکروپلاستیک در هر متر مربع در روز در طول دوره نمونه‌برداری یافت شده است (۱۳). در مقابل، اخباری‌زاده و همکاران، غلظت کمتر میکروپلاستیک‌ها (حدود ۵ ذره در هر متر مکعب) را در هوای بوشهر را گزارش کردند (۱۴). آن‌ها دریافتند، رابطه مثبت معنی‌داری بین میکروپلاستیک‌ها، سرعت و جهت باد، وجود دارد و حمل و نقل میکروپلاستیک‌ها به شدت تحت شرایط جوی کنترل می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که به دلیل چگالی کمی که میکروپلاستیک‌ها دارند در اتمسفر جمع می‌شوند، در نتیجه به راحتی در سراسر جهان حمل می‌شوند و از طریق استنشاق یا بلع مستقیماً با بدن انسان تماس پیدا می‌کنند و اثرات مضری برای سلامتی ایجاد می‌کنند (۱۵). اخیراً مطالعه‌ای در مورد آلودگی میکروپلاستیک‌ها در فضای خوابگاه در چین منتشر شده است که نشان می‌دهد حضور میکروپلاستیک‌ها در اتاق‌های خوابگاه ($۹/۹\times۱۰^{۳}$ ذره در هر متر مربع) نسبت به اتاق کار ($۱/۸\times۱۰^{۳}$ ذره در هر متر مربع) و راهرو ($۱/۵\times۱۰^{۳}$ ذره در هر متر مربع) تا ۵ برابر بیشتر است (۱۶). همچنین آن‌ها دریافتند میزان میکروپلاستیک در آخر هفته به دلیل حضور و فعالیت بیشتر دانشجویان در اتاق‌های خوابگاه تا بیش از ۳ برابر گزارش شده است. آن‌ها مهم‌ترین عامل تولید میکروپلاستیک در فضای داخلی را الیاف پارچه‌ها دانستند. در نهایت نتیجه گرفتند که محیط‌های داخلی مستعد آلودگی جدی میکروپلاستیک هستند، اما سطح میکروپلاستیک به دلیل ویژگی‌های مختلف محیط داخلی بسیار متفاوت است. نتایج آن‌ها همچنین نشان می‌دهند که الیاف نساجی یکی از عوامل اصلی مؤثر بر فراوانی میکروپلاستیک در هوای داخلی است. همچنین می‌توان فراوانی و غلظت این ریزذرات را با منابع تولید نزدیک و جابجایی آن‌ها در جو نیز مرتبط دانست (۱۵). از طرفی دیگر علاوه بر منابع محلی، منابع دوردست میکروپلاستیک‌ها نیز مهم هستند، به ویژه مناطق دورافتاده‌ای که تداخلات انسانی کمتر را شامل می‌گردد، در این وضعیت نقل و انتقال اتمسفری سبب جابجایی میکروپلاستیک‌ها به مکان‌های دورتر از نقطه تولید خود می‌شوند (۱۷). حضور میکروپلاستیک‌ها در نمونه‌های هوای مناطق دورافتاده اقیانوسی و حتی مناطق یخبندان نشان می‌دهد که این یک مشکل محلی نیست (۱۸). همچنین فراوانی میکروپلاستیک‌ها از مکانی به مکان دیگر بسته به ارتفاع، عرض جغرافیایی، شرایط محیطی و فصل متفاوت است. به عنوان مثال، به دلیل تأثیر فشار و گرانش اتمسفر (شیب غلظت عمودی) غلظت بیشتری از میکروپلاستیک در نزدیکی زمین نسبت به ارتفاعات بالا یافت شده است (۱۹). از سوی دیگر، گرادیان عمودی دما به حرکت صعودی میکروپلاستیک‌ها کمک می‌کند، زیرا در قسمت پایین، هوا گرم‌تر است و در نتیجه چگالی کمتری دارد و تمایل به بالا رفتن دارد (۲۰). با این حال، ممکن است در صورت وارونگی دما، میکروپلاستیک‌ها در لایه‌های جو مسدود شوند، زیرا هوای سرد واقع در

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

ارتفاع پایین‌تر سنگین‌تر است و نمی‌تواند بالا بیاید و از پراکندگی آلودگی جوی جلوگیری می‌کند و آلاینده‌ها را در نزدیکی سطح به دام می‌اندازد و باعث ورود این ذرات به محیط‌های داخلی شده در نتیجه با افزایش مقدار میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های داخلی مواجهه می‌شویم (۲۱). وجود تهویه مطبوع در محیط‌های بسته مهم است، زیرا آن‌ها می‌توانند ذرات را مجدداً معلق کرده و توزیع آن‌ها را از طریق هوای داخل کنترل کنند. همانطور که مشخص است مطالعات مختلف نشان داده است که غلظت میکروپلاستیک‌ها در محیط هوای داخل ساختمان بسیار بیشتر از محیط بیرون در همان منطقه است، که ممکن است به شرایط تراکم جمعیت بالا و عمدتاً به پراکندگی ضعیف ذرات نسبت داده شود (۲۲). غلظت میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های داخلی که از مواد و لباس‌های مصنوعی منشأ می‌گیرند ممکن است با شدت بیشتری با روند مد و فصول مرتبط باشد. بنابراین می‌توان گفت کشورهایی که هوای دائماً سرد دارند، به دلیل دمای پایین و گرم نگه داشتن خود، مردم را ملزم به پوشیدن لباس‌های بیشتری نسبت به مناطق گرمسیری می‌کنند. این نشان می‌دهد که ممکن است منابع بالقوه دیگری از میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های داخلی وجود داشته باشد که در نهایت می‌توانند در هوا قرار بگیرند و روی سطوح بنشینند (۲۳). فرآیند شستشو الیاف پلاستیکی ریز را از پارچه‌های مصنوعی جدا می‌کند و سپس به فاضلاب وارد می‌شوند. به نظر می‌رسد که وقتی لباس‌ها در خشک‌کن خشک می‌شوند، گرما باعث می‌شود پارچه‌های مصنوعی از هم جدا شوند و آئروسل شوند (۲۴). نیازی به گفتن نیست که اصطکاک بین پارچه و پوست افراد تحت یک فرآیند سایش و پارگی قرار می‌گیرد که می‌تواند منجر به جدا شدن الیاف پلاستیکی و در نهایت تخلیه آن‌ها به محیط شود (۲۵). یکی دیگر از منابع میکروپلاستیک‌های داخلی، پلاستیک‌های استفاده شده در رنگ‌ها و پوشش‌ها است که در آلودگی فضاهای داخلی نقش دارند. پلاستیک‌ها همچنین مواد اصلی مبلمان و لوازم خانگی هستند که می‌توانند فضاهای داخلی را در معرض فرآیندهای مختلف جوی مانند گرما یا استرس مکانیکی آلوده کنند (۲۶). استفاده گسترده از مواد مبتنی بر پلاستیک در دکوراسیون داخلی ممکن است حضور میکروپلاستیک‌های موجود در هوا را افزایش دهد. به عنوان مثال، در کویت، بالاترین میزان میکروپلاستیک‌های داخلی در دفاتر فروش شده مشاهده شد، در حالی که در مطالعه مشابه شهر ونژو، کمترین میزان میکروپلاستیک‌های در بیمارستان‌ها مشاهده شد (۲۷). احتمالاً با توجه به قوانین سختگیرانه و سیستم‌های تهویه پیشرفته با فیلتراسیون مناسب در بخش‌های مراقبت‌های پزشکی میزان میکروپلاستیک‌ها نیز تغییر چشمگیری داشته باشد. یکی دیگر از عوامل شگفت‌انگیز که تأثیر شدیدی بر غلظت میکروپلاستیک‌ها در محیط داخلی دارد، نوع خانواده‌ها است. مطالعه‌ای که توسط سویی (Cui) و همکاران انجام شد، نشان می‌دهد که خانواده‌های مسن‌تر به دلیل وضعیت فیزیکی‌شان، فعالیت‌های کمتری دارند و در نتیجه در مقایسه با خانواده‌های جوان، میکروپلاستیک‌های منازلشان کمتر است (۲۶).

جدای از این، میکروپلاستیک‌ها در فضای باز می‌توانند با چسبیدن به لباس‌ها یا دمیده شدن به داخل اتاق توسط باد و حرکت هوا از طریق پنجره‌ها و درهای باز وارد فضاهای داخلی شوند (۱۶). حرکت هوا از داخل خانه به بالکن و بالعکس ممکن است منجر به معلق شدن مجدد ذرات در فضاهای داخلی شود. علاوه بر این، آشفتگی در جریان هوا این پتانسیل را دارد که نحوه توزیع میکروپلاستیک‌ها در فضاهای داخلی را تغییر

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

دهد. به عنوان مثال، خانه‌های چینی معمولاً طراحی نیمه بسته دارند و اغلب به یک بالکن بادی متصل می‌شوند که امکان جریان هوای بیرون را فراهم می‌کند و می‌تواند تجمع میکروپلاستیک‌ها را کاهش دهد (۲۲).

در یک مطالعه مروری دقیق که توسط کاسپرزاک (Kacprzak) و همکاران انجام شد، توضیح داده شده است که چگونه میکروپلاستیک‌های فضای باز را می‌توان به راحتی از خارج به داخل ساختمان‌ها از طریق درهای باز، پنجره‌ها و سیستم‌های فیلتراسیون نامناسب منتقل کرد. از نظر تئوری، این بدان معناست که ساختمان‌هایی که تعداد پنجره‌های بالایی دارند، بیشتر از ساختمان‌هایی که تعداد پنجره‌های کمی دارند، مستعد آلودگی توسط میکروپلاستیک‌های فضای باز هستند. دانشمندان حرکت هوا را در یک اتاق مجزا تکرار کردند و ثابت کردند که باز و بسته شدن درها بر گردش هوا تأثیر می‌گذارد و منجر به انتشار ذرات ریز می‌شود (۲۸). علاوه بر این، گزارش شده است که تهویه مطبوع و تهویه با سیستم‌های فیلتراسیون ناکارآمد، مسیرهای اساسی برای تحویل میکروپلاستیک‌ها در فضای باز به مکان‌های داخلی هستند (۲۹ و ۳۰). در مطالعه حاضر نیز نمونه‌های خارج از فضای منزل به طرز چشمگیری کمتر از ذرات داخل منزل بود که تأیید کننده مطالعات قبلی می‌باشد. جدول ۲، مقایسه‌ای از وجود ذرات میکروپلاستیک با نوع و خصوصیات متفاوت را در چند مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۲) تشخیص انواع مختلف میکروپلاستیک‌ها در چند مطالعه در دنیا

مطالعه	یافته‌ها	رفرنس
میری ترانیک (Trainic) و همکاران سال ۲۰۲۰ در اقیانوس اطلس شمالی تا اقیانوس آرام	۴۳ نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در ۹ مورد از آن‌ها (۲۰ درصد) میکروپلاستیک یافت شد. تعداد میکروپلاستیک‌ها در نمونه حدود ۱۰ درصد کل ذرات آئروسل و کمتر از ۱۰ ذره در هر نمونه بود. پلیمرهای مختلف در این مطالعه شناسایی شدند که غالب آن‌ها حاوی پلی استایرن (**PS**) پلی‌اتیلن (**PE**) و پلی‌پروپیلن (**PP**) بودند.	(۳۱)
هوانسوک (Choi) و همکاران سال ۲۰۲۲ در کره جنوبی	فراوانی کل میکروپلاستیک در داخل خانه ۱/۷۷±۲/۵۱ و در فضای باز ۱/۶۵±۱/۹۶ ذره در متر مکعب است. کمترین ساختار شناسایی شده فیبر با ۷ درصد بود انواع دیگر میکروپلاستیک‌ها مانند قطعات، اشکال کروی و فیلم در هوای معلق فراوانی بیشتری دارند. همچنین میکروپلاستیک‌های با اندازه بزرگ‌تر در داخل خانه بیشتر بود (۱۶۶/۱ میکرومتر)، در حالی که میکروپلاستیک‌های خارج از خانه با اندازه‌های کوچک و طول کوتاه بودند (۱۱۵/۵ میکرومتر). در هر دو محیط داخلی و خارجی، نسبت اجزای **PE** و **PP** در کل محتوای میکروپلاستیک تقریباً ۶۵ درصد بود.	(۳۲)
مالین کلین (Klein) و همکاران سال ۲۰۱۹ در هامبورگ آلمان	۱۰۸ نمونه از رسوب اتمسفر در کلانشهر هامبورگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میکروپلاستیک در هر نمونه وجود داشت. مقدار ذرات یافت شده از ۵ تا ۱۶۴ ذره میکروپلاستیک در هر نمونه متغیر است. شکل غالب میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده قطعات بود که ۹۵ درصد از کل ذرات را تشکیل می‌داد. غالب پلیمرهای شناسایی شده در این مطالعه پلی‌اتیلن (۴۸/۸ درصد) و اتیلن وینیل استات (۲۲ درصد) بودند.	(۱۳)
استیوآلن (Allen) و همکاران ۲۰۱۹ در یک حوضه کوهستانی در پیرنه فرانسه	بیشترین میکروپلاستیک شناسایی شده از نوع فیبر با میانگین ۱۸±۳۶ بود. طول الیاف غالب ۳۰۰–۱۰۰ میکرومتر را نشان داد. پلیمرهای غالب موجود در نمونه‌ها پلی‌استایرن (**PS**) و به دنبال آن پلی‌اتیلن (**PE**) بودند.	(۳۳)
راچیددریس (Dris) و همکاران سال ۲۰۱۷ در فرانسه	۳ محل در داخل و خارج از آپارتمان برای نمونه‌برداری انتخاب شدند. همه نمونه‌ها حاوی الیاف میکروپلاستیک بودند. به طور کلی، غلظت‌های داخلی بیشتر و بین ۰/۴ و ۵۹/۴ فیبر در متر مکعب بودند. ۳۳ درصد الیاف حاوی مواد پلیمری پلی‌آمید بود و پلی‌پروپیلن از دیگر پلیمرهای شناسایی شده در این مطالعه بود.	(۳۴)
لیگیچای (Cai) و همکاران سال ۲۰۱۷ در دونگان، چین	میکروپلاستیک‌ها در تمام نمونه‌های ریزش جوی هر ۳ سایت یافت شدند. میانگین غلظت میکروپلاستیک در سه محل ۷ ± ۳۶ ذره در متر مربع در روز بود. فیبر شکل غالب میکروپلاستیک‌های مشکوک بود که در ابتدا با مشاهده بصری شناسایی شد. چهار نوع پلی مر، یعنی پلی‌اتیلن (۱۴ درصد) پلی‌پروپیلن (۹ درصد)، پلی‌استایرن (۴ درصد) و سلولز (۷۰ درصد)، شناسایی شدند.	(۳۵)
کاشفی و همکاران سال ۲۰۲۰ در بوشهر و شیراز، ایران	۳۰ نمونه گرد و غبار از ساختمان‌های مختلف جمع‌آوری شد. میانگین تعداد میکروپلاستیک‌ها در گرد و غبار داخلی ساختمان‌های شیراز و بوشهر به ترتیب ۹۰/۸ و ۸۰/۸ مورد در هر میلی‌گرم بوده است. فیبر و پلی‌اتیلن (**PE**) به‌ترتیب رایج‌ترین شکل و انواع پلیمری میکروپلاستیک‌های شناسایی شده بودند. بیشترین تعداد میکروپلاستیک در ریزگردهای سرپوشیده مهدکودک‌ها با میانگین ۱۲۱ عدد در میلی‌گرم در بوشهر و ۱۰۴ عدد در هر میلی‌گرم در شیراز مشاهده شد.	(۳۰)

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

رنگ و شکل میکروپلاستیک‌ها

بیشترین رنگ میکروپلاستیک مشاهده شده در مطالعه حاضر مربوط به رنگ‌های مشکی و قرمز بود. مقدار و به طبع فراوانی رنگ میکروپلاستیک‌ها در هوا به فعالیت‌هایی که در محیط داخل انجام می‌شود، مبلمان، و پلاستیک موجود در اشیاء مورد استفاده بستگی دارد. برای مثال باتوجه به فرهنگ کشور و استفاده از فرش و موکت عاملی برای حضور میکروپلاستیک‌ها در ته نشت‌های داخلی هستند. و فراوانی شکل (فیبر) و رنگ‌ها می‌تواند به این موارد برگردد. مطالعات نشان می‌دهد که تنوع رنگ میکروپلاستیک‌های شناسایی شده منعکس‌کننده منشاء مختلف و یا مرحله تخریب میکروپلاستیک‌ها است. منابع اصلی میکرو و نانوپلاستیک‌ها در محیط‌زیست محصولات آرایشی و بهداشتی، لباس‌های شسته شده با ماشین، منسوجات، تایرها، رنگ‌ها، محصولات الکترونیکی هستند. با توجه به اینکه تنوع منشأ میکروپلاستیک‌ها، تنوع و عوامل محیطی مختلف بر انتقال میکروپلاستیک‌ها تأثیر می‌گذارد، ردیابی و پیش‌بینی آلودگی هوای میکروپلاستیک‌ها بسیار دشوار است (۳۶). نتایج نشان داد بخش عمده میکروپلاستیک‌ها به رنگ سیاه می‌باشند (۷۱ درصد) و به دنبال آن رنگ قرمز دارای بیشترین فراوانی بودند. طیف رنگی مشاهده شده در این مطالعه نشان دهنده رنگ‌های استفاده شده در صنعت نساجی می‌باشد. همچنین وجود این طیف‌های رنگی را می‌توان به فرش‌های مورد استفاده در منزل مسکونی نسبت داد، که این نتایج با مطالعه دریس (Dris) و همکاران مطابقت دارد (۳۴). کمترین میزان فراوانی از نظر رنگ مربوط به رنگ قهوه‌ای بود که تنها در یکی از نمونه‌ها مشاهده شده بود. مطالعه دیگری که نتیجه مشابهی را گزارش کرد (۱۶)، میکروپلاستیک‌های موجود در اتمسفر از پنج رنگ تشکیل شده بودند که رایج‌ترین رنگ سیاه بود. به‌طور مشابه، مطالعات قبلی نیز نشان دادند که میکروپلاستیک‌ها با رنگ سیاه بیشترین فراوانی در فضای کلان شهرها را داشتند (۳۷). به طور مشابه، اما در مطالعه اخباری‌زاده رنگ شفاف (۳۹ درصد) بیشترین فراوانی را داشت و رنگ سیاه (۲۱ درصد) قرمز (۲۰ درصد) خاکستری (۱۲ درصد) نارنجی (۸ درصد) به‌ترتیب فراوانی بیشتری داشتند (۱۴). مطالعات، میکروپلاستیک‌های شفاف را به پلی‌پروپیلن و رنگ‌های مات را به پلی‌اتیلن نسبت می‌دهد (۳۸). در مطالعات میکروپلاستیک‌ها در محیط داخل بیشتر به شکل الیاف وجود داشتند و ترکیبات پلیمری مشابهی با محصولات نساجی نظیر پلی‌استر مورد استفاده در محیط‌های داخلی نشان داد (۱۶). همچنین در حالی که تلاطم جریان هوا ناشی از تهویه مطبوع می‌تواند باعث مهاجرت میکروپلاستیک در محیط‌های داخلی شود.

توزیع اندازه میکروپلاستیک‌ها

شکل۶ توزیع اندازه ذرات میکروپلاستیک در نمونه‌ها را نشان می‌دهد قطر میکروپلاستیک‌ها شناسایی شده بین ۵۰۰ میکرومتر تا ۵۰۰۰ میکرومتر بود. بیشترین فراوانی (۷۸/۶ درصد) مربوط به ذرات با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر بود. اگرچه توزیع اندازه میکروپلاستیک در محدوده وسیعی از کوچک‌تر از ۱۰۰۰ میکرومتر تا ۵۰۰۰ میکرومتر است، تنها کمتر از ۲۰ درصد از آنچه که بازیابی شده مربوط به ذرات بالاتر از ۱۰۰۰ میکرومتر است. مطالعات دیگر نیز شامل آلن (Allen) و همکاران، کیان و همکاران و دریس و همکاران تأیید کننده نتایج پژوهش حاضر هستند (۵، ۳۳ و ۳۹). با این حال ممکن است میکروپلاستیک‌های کوچک‌تر در جو وجود داشته باشند. احتمال جذب توسط انسان و آسیب از میکروپلاستیک‌ها می‌تواند با کاهش اندازه میکروپلاستیک‌ها افزایش یابد (۴۰).

ممکن است ذرات پلاستیکی کمتر از ۱ میکرومتر در نمونه‌ها وجود داشته باشد و در مطالعه حاضر به دلیل حد

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

پایین‌تر مشاهده، شمارش نشده است. بر اساس دانش فعلی، هیچ چیز در مورد وجود میکرومتر میکروپلاستیک و نانوپلاستیک کوچک‌تر از ۱ میکرومتر در هوا مشخص نیست. از این رو، مطالعات بیشتر برای بهبود روش تجزیه و تحلیل برای شناسایی میکروپلاستیک‌ها با اندازه کمتر از ۱ میکرومتر و همچنین درک مفاهیم پلاستیک‌های کوچک موجود در هوا بسیار ضروری است. شناسایی کارآمد میکروپلاستیک‌ها یک چالش جدی به ویژه با کاهش اندازه است. آنالیزهای میکروسکوپی می‌تواند تکه‌های پلاستیک‌های معمولی به قطر ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر را تشخیص دهد (۴۰ و ۴۱). در مطالعه مشابه، وانگ (Wang) و همکاران اندازه میکروپلاستیک‌های اتمسفر را از ۵۸/۵۹ میکرومتر تا ۲۲۵۱/۵۴ میکرومتر (۵۷۸/۳۰ ± ۸۵۱/۰۹ میکرومتر) گزارش کردند.

این یافته نشان داد هر چقدر از منطقه پر تراکم شهری به سمت حاشیه شهر حرکت کنیم اندازه ذرات کوچک‌تر می‌شود. این یافته تأیید می‌نماید که اندازه میکروپلاستیک‌ها، فاصله انتقال را محدود می‌کند (۴۲). همچنین نتایج مطالعه کاشفی و همکاران در ایران بر این نکته دلالت دارد که میکروپلاستیک‌ها در غلظت‌های بالا در محیط‌های داخلی وجود دارد و ممکن است خطر مواجهه بالایی برای گروه‌های سنی مختلف داشته باشد (۳۰).

انتشار میکروپلاستیک‌ها

اگرچه ردیابی منابع میکروپلاستیک در اتمسفر دشوار است، اما ویژگی‌های ظاهری و انواع پلیمری میکروپلاستیک اتمسفر و مدل‌های مسیر معکوس می‌توانند برای کشف منبع بالقوه استفاده شوند. الیاف میکروپلاستیک ممکن است از مواد نساجی منشا گرفته شود (۵ و ۳۷). در حالی که قطعات میکروپلاستیک ممکن است از شکستگی، ساییدگی و هوازدگی بسته‌بندی و کانال‌های هوا نشات بگیرند. بیشترین نسبت الیاف پلی‌اتیلن ترفتالات (۵۰ درصد) احتمالاً از ریزش و تجزیه لباس‌های ساخته شده با الیاف مصنوعی است. شکل ۷ راه‌های انتشار میکروپلاستیک‌ها و نفوذ آن‌ها به دستگاه تنفسی انسان را نمایش می‌دهد. این مدل تأیید می‌نماید میکروپلاستیک‌ها می‌توانند به صورت مکانیکی از سطح لباس‌ها جدا شده و یا از طریق مواد آرایشی و بهداشتی روی پوست به هوا منتشر شوند. انتشار ذرات از طریق دستگاه‌های تهویه هوا توسط ژانگ (Zhang) و همکاران پیشنهاد شده است (۱۶).

سمیت ذرات میکروپلاستیک اتمسفر پس از استنشاق به مکانیسم‌های فیزیولوژیکی رسوب و پاکسازی درگیر در استنشاق انسان میکروپلاستیک مربوط می‌شود (۴۳). میکروپلاستیک‌ها در قسمت‌های مختلف دستگاه تنفسی انسان توسط گرانش ته‌نشین می‌شوند. مکانیسم پاکسازی می‌تواند غلظت میکروپلاستیک را در بدن کاهش دهد. سمیت ذرات میکروپلاستیک ناشی از اضافه بار گرد و غبار، استرس اکسیداتیو، سمیت سلولی و جابجایی ذرات می‌تواند مکانیسم پاکسازی را کاهش دهد و در نتیجه بر سلامت انسان تأثیر بگذارد (۸).

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]



شکل ۷) نفوذ ذرات میکروپلاستیک از راه کانال‌های هوا، الیاف، پوست انسان، بسته‌بندی و ذرات وارد شده از محیط بیرون (۵۴)

Fig 7) Penetration of microplastic particles through air channels, fibers, human skin, packaging and particles imported from the outside environment

اندازه میکروپلاستیک پتانسیل تنفسی آن‌ها را تعیین می‌کند، زیرا فقط میکروپلاستیک‌های کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر قابل استنشاق هستند. هم در داخل و هم در فضای باز، میکروپلاستی‌های کوچک‌تر از ۱۰ میکرومتر در مطالعات متعدد شناسایی شده‌اند که نشان می‌دهند میکروپلاستیک‌های موجود در هوا می‌تواند مستقیماً استنشاق شوند. پاکسازی موکوسیلیاری در مسیر هوایی فوقانی انجام می‌شود که برخی از ذرات ریز می‌توانند از این مکانیسم فرار کرده و در عمق ریه‌ها رسوب کنند (۲۹ و ۴۴). اگرچه الیاف موجود در هوا فراوان‌تر از قطعات هستند، اندازه کوچک‌تر تقریباً به‌طور کامل از قطعات تشکیل شده است. بنابراین، قطعات با اندازه ریزتر احتمال بیشتری دارد که وارد ریه‌های انسان شوند. قطعات به جای الیاف عمدتاً در هوا منتقل می‌شوند. به عنوان مثال در مطالعه آماتو (Amato) و همکاران، ۳۱ ذره و الیاف پلیمری مصنوعی در بافت ریه ۱۳ مورد از ۲۰ کالبد شکافی متوفی مشاهده شد که ۸۷/۵ درصد آن قطعات و ۱۲/۵ درصد الیاف بود، که این ایده را تأیید می‌کند. اکثر میکروپلاستیک‌های استنشاقی در دستگاه تنفسی فوقانی باقی می‌مانند (۴۵). اثرات میکروپلاستیک‌ها بر سلامت انسان نیز به زمان قرار گرفتن در معرض و تمرکز بستگی دارد. غلظت بالای میکروپلاستی‌ها در اتمسفر ممکن است به‌طور قابل توجهی خطرات سلامتی انسان را افزایش دهد (۴۶). میکروپلاستیک‌ها و نانو پلاستیک‌ها دارای اثرات سمی بالقوه بر روی سلول‌های ریه انسان هستند. قرار گرفتن سلول‌های ریه در معرض میکروپلاستیک‌ها تکثیر سلولی را مهار می‌کند، و همچنین تغییرات قابل توجهی در مورفولوژی سلولی ایجاد می‌کند (۴۷). نانو ذرات ممکن است بر درونی‌سازی، زنده ماندن سلولی، چرخه سلولی و آپوپتوز سلول‌های اپیتلیال ریه انسان تأثیر بگذارند (۴۸). مطالعات نشان می‌دهد که سلول‌های اپیتلیال ریه انسان در معرض طبیعی میکروپلاستیک‌ها منجر به التهاب و آسیب اکسیداتیو و همچنین اختلال در پروتئین‌های پیوندی بین سلولی در ریه می‌شود. این می‌تواند منجر به بیماری‌های تنفسی حاد و مزمن شود. میکروپلاستیک‌های موجود در هوا همچنین مشکوک به ایجاد سمیت شیمیایی به عنوان حامل‌های بالقوه PAH،

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

افزودنی‌های پلاستیکی و فلزات بودند (۴۹ و ۵۰). ذرات استنشاق شده وارد جریان خون شده و ممکن است پس از انتقال توسط خون به سایر اندام‌ها (مانند کبد، جنین، مغز و غیره) رفته و سبب ایجاد سمیت شود. به وضوح توضیح داده‌اند که چگونه میکروپلاستیک‌ها پس از استنشاق یا بلعیده شدن وارد جریان خون شده و به اندام‌های دیگر منتقل می‌شوند (۵۳-۵۱).

الیاف پلاستیکی که در این مطالعه شناسایی گردید احتمالاً از منسوجات، مبلمان و فرش‌ها انتشار پیدا کرده است. الیاف میکروپلاستیک همچنین به‌عنوان منبع مهم آلودگی گرد و غبار داخلی عمل می‌کنند و به عنوان یک مسیر غیرقابل اغماض مواجهه برای انسان‌ها، به‌ویژه برای کودکان، نشان داده می‌شوند. تخمین زده شده است که گرد و غبار داخل خانه باعث دریافت روزانه $۱/۷\times۱۰^{۴}$ نانوگرم بر کیلوگرم وزن بدن از میکروپلاستیک در کودکان می‌شود (۱۶). علاوه بر این، تا زمانی که فعالیت‌های انسانی وجود داشته باشد، جریان هوا وجود دارد.

نتیجه‌گیری

میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور، مطالعات و بحث‌های گسترده‌ای را در زمینه‌های زیست محیطی برانگیخته‌اند. به دلیل افزایش تولید پلاستیک، مسائل مربوط به مدیریت زباله و رفتار نادرست انسان، زباله‌های پلاستیکی به‌طور گسترده در محیط‌های خشکی و آبی و هوا توزیع می‌شوند. پس از قرار گرفتن در معرض طولانی مدت، این پلاستیک‌ها ممکن است از نظر فتوشیمیایی، حرارتی یا بیولوژیکی تجزیه شوند تا محصولات تجزیه را تشکیل دهند. علاوه بر این، به‌دلیل نسبت سطح به حجم بالا و آب‌گریزی میکروپلاستیک‌ها ممکن است به عنوان ناقلی عمل کنند که سایر آلاینده‌های محیطی را به بدن منتقل می‌کند. بنابراین، بررسی خطرات بالقوه میکروپلاستیک‌ها برای سلامت انسان ضروری است، اگرچه تظاهرات بالینی گزارش شده بسیار محدود و غیرمنسجم می‌باشند. برای بررسی تمام جنبه‌های احتمالی حضور میکروپلاستیک در محیط داخلی و ارزیابی میزان این مشکل، لازم است نه تنها انواع، بلکه ماهیت فضاهایی که در آن‌ها رخ می‌دهند، روش‌های شکل‌گیری و گسترش آن‌ها نیز تحلیل شود. قرار گرفتن در معرض احتمالی با هوای آلوده به میکروپلاستیک اجتناب‌ناپذیر است و در حال حاضر دانش ما در مورد انتشار میکروپلاستیک در هوای داخلی، و همچنین در مورد عوامل موثر بر انتقال میکروپلاستیک کم است. نیاز به مطالعات بیشتر با تمرکز بر این موضوعات وجود دارد، چرا که در ارزیابی خطر بالقوه میکروپلاستیک بر سلامت انسان از اهمیت بالایی برخوردار است.

سپاس و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه بابت حمایت‌های مالی و غیرمالی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References:

1.Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, et al. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science 2015; 347(6223): 768-71. doi: 10.1126/science.1260352.

2.Akhbarizadeh R, Nabipour I, Dobaradaran S. Microplastics in the Persian Gulf. Iran South Med J 2022; 25(2): 179-197. doi: 10.52547/ismj.25.2.179.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

3.Li J, Zhang K, Zhang H. Adsorption of antibiotics on microplastics. Environ Pollut 2018; 237: 460-7.
doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.050.
4.Zhou Q, Zhang H, Fu C, et al. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. Geoderma 2018; 322: 201-8.
doi: 10.1016/j.geoderma.2018.02.015.
5.Dris R, Gasperi J, Saad M, et al. Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? Mar Pollut Bull 2016; 104(1-2): 290-3.
doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.006.
6.Zhang J, Wang L, Kannan K. Microplastics in house dust from 12 countries and associated human exposure. Environ Int 2020; 134: 105314.
doi: 10.1016/j.envint.2019.105314.
7.Enyoh CE, Verla AW, Verla EN, et al. Airborne microplastics: a review study on method for analysis, occurrence, movement and risks. Environ Monit Assess 2019; 191(11): 668.
doi: 10.1007/s10661-019-7842-0.
8.Wang Y, Huang J, Zhu F, et al. Airborne microplastics: a review on the occurrence, migration and risks to humans. Bull Environ Contam Toxicol 2021; 107(4): 657-664.
doi: 10.1007/s00128-021-03180-0.
9.Facciolà A, Visalli G, Pruiti Ciarello M, et al. Newly emerging airborne pollutants: current knowledge of health impact of micro and nanoplastics. Int J Environ Res Public Health 2021; 18(6): 2997.
doi: 10.3390/ijerph18062997.
10.Amato-Lourenço LF, dos Santos Galvão L, de Weger LA, et al. An emerging class of air pollutants: potential effects of microplastics to respiratory human health? Sci Total Environ 2020; 749: 141676.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141676.
11.Hanke G, Galgani F, Werner S, et al. Guidance on monitoring of marine litter in European seas. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union, 2013, 99475.
doi: 10.2788/99475.
12.Devriese LI, Van der Meulen MD, Maes T, et al. Microplastic contamination in brown shrimp (Crangon crangon, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. Mar Pollut Bull 2015; 98(1-2): 179-87.
doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.06.051.
13.Klein M, Fischer EK. Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. Sci Total Environ 2019; 685: 96-103.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.405.
14.Akhbarizadeh R, Dobaradaran S, Amouei Torkmahalleh M, et al. Suspended fine particulate matter (PM2. 5), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: their possible relationships and health implications. Environ Res 2021; 192: 110339.
doi: 10.1016/j.envres.2020.110339.
15.Abad López AP, Trilleras J, Arana VA, et al. Atmospheric microplastics: exposure, toxicity, and detrimental health effects. RSC Adv 2023; 13(11): 7468-89.
doi: 10.1039/d2ra07098g.
16.Zhang Q, Zhao Y, Du F, et al. Microplastic fallout in different indoor environments. Environ Sci Technol 2020; 54(11): 6530-9.
doi: 10.1021/acs.est.0c00087.
17.Xu A, Shi M, Xing X, et al. Status and prospects of atmospheric microplastics: A review of methods, occurrence, composition, source and health risks. Environ Pollut 2022; 303: 119173.
doi: 10.1016/j.envpol.2022.119173.
18.Evangeliou N, Grythe H, Klimont Z, et al. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. Nat Commun 2020; 11(1): 3381.
doi: 10.1038/s41467-020-17201-9.
19.Liu K, Wu T, Wang X, et al. Consistent transport of terrestrial microplastics to the ocean through atmosphere. Environ Sci Technol 2019; 53(18): 10612-9.
doi: 10.1021/acs.est.9b03427.
20.Mbachu O, Jenkins G, Pratt C, et al. A new contaminant superhighway? A review of

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

sources, measurement techniques and fate of atmospheric microplastics. Water Air Soil Pollut 2020; 231(2): 1-57.
https://doi.org/10.1007/s11270-020-4459-4.
21.Zhang K, Hamidian AH, Tubić A, et al. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. Environ Pollut 2021; 274: 116554.
doi: 10.1016/j.envpol.2021.116554.
22.Chen Y, Li X, Zhang X, et al. Air conditioner filters become sinks and sources of indoor microplastics fibers. Environ Pollut 2022; 292(Pt B): 118465.
doi: 10.1016/j.envpol.2021.118465.
23.Dewika M, Markandan K, Irfan NA, et al. Review of microplastics in the indoor environment: Distribution, human exposure and potential health impacts. Chemosphere 2023; 324: 138270.
doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.138270.
24.O'Brien S, Okoffo ED, O'Brien JW, et al. Airborne emissions of microplastic fibres from domestic laundry dryers. Sci Total Environ 2020; 747: 141175.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141175.
25.Wang T, Li B, Zou X, et al. Emission of primary microplastics in mainland China: invisible but not negligible. Water Res 2019; 162: 214-24.
doi: 10.1016/j.watres.2019.06.042.
26.Cui J, Chen C, Gan Q, et al. Indoor microplastics and bacteria in the atmospheric fallout in urban homes. Sci Total Environ 2022; 852: 158233.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158233.
27.Uddin S, Fowler SW, Habibi N, et al. A preliminary assessment of size-fractionated microplastics in indoor aerosol—Kuwait's baseline. Toxics 2022; 10(2): 71.
doi: 10.3390/toxics10020071.
28.Kacprzak S, Tijing LD. Microplastics in indoor environment: sources, mitigation and fate. J Environ Chem Eng 2022; 10(2): 107359.
doi: 10.1016/j.jece.2022.107359.
29.Liao Z, Ji X, Ma Y, et al. Airborne microplastics in indoor and outdoor environments of a coastal city in Eastern China. J Hazard Mater 2021; 417: 126007.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.126007.
30.Kashfi FS, Ramavandi B, Arfaeinia H, et al. Occurrence and exposure assessment of microplastics in indoor dusts of buildings with different applications in Bushehr and Shiraz cities, Iran. Sci Total Environ 2022; 829: 154651.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154651.
31.Trainic M, Flores JM, Pinkas I, et al. Airborne microplastic particles detected in the remote marine atmosphere. Commun Earth Environ 2020; 1(1): 64.
https://doi.org/10.1038/s43247-020-00061-y.
32.Choi H, Lee I, Kim H, et al. Comparison of microplastic characteristics in the indoor and outdoor air of urban areas of South Korea. Water Air Soil Pollut 2022; 233(5): 169.
https://doi.org/10.1007/s11270-022-05650-5.
33.Allen S, Allen D, Phoenix VR, et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. Nat Geosci 2019; 12(5): 339-44.
doi: 10.1038/s41561-019-0335-5.
34.Dris R, Gasperi J, Mirande C, et al. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. Environ Pollut 2017; 221: 453-8.
doi: 10.1016/j.envpol.2016.12.013.
35.Cai L, Wang J, Peng J, et al. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. Environ Sci Pollut Res Int 2017; 24(32): 24928-35.
doi: 10.1007/s11356-017-0116-x.
36.Mason SA, Welch VG, Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water. Front Chem 2018; 6: 407.
doi: 10.3389/fchem.2018.00407.
37.Liu K, Wang X, Fang T, et al. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. Sci Total Environ 2019; 675: 462-71.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.110.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

38.Asamoah BO, Kanyathare B, Roussey M, et al. A prototype of a portable optical sensor for the detection of transparent and translucent microplastics in freshwater. Chemosphere 2019; 231: 161-7.
doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.05.114.
39.Qian Z, ChongGuo T, YongMing L. Various forms and deposition fluxes of microplastics identified in the coastal urban atmosphere. Chin Sci Bull 2017; 62(33): 3902-9.
https://doi.org/10.1360/N972017-00956.
40.Law KL, Thompson RC. Oceans. Microplastics in the seas. Science 2014; 345(6193): 144-5.
doi: 10.1126/science.1254065.
41.Song YK, Hong SH, Jang M, et al. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. Mar Pollut Bull 2015; 93(1-2): 202-9.
doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.01.015.
42.Wang X, Li C, Liu K, et al. Atmospheric microplastic over the South China Sea and East Indian Ocean: abundance, distribution and source. J Hazard Mater 2020; 389: 121846.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.121846.
43.Vethaak AD, Legler J. Microplastics and human health. Science 2021; 371(6530): 672-4.
doi: 10.1126/science.abe5041.
44.Pauly JL, Stegmeier SJ, Allaart HA, et al. Inhaled cellulosic and plastic fibers found in human lung tissue. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 1998; 7(5): 419-28.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9610792/.
45.Amato-Lourenço LF, Carvalho-Oliveira R, Júnior GR, et al. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. J Hazard Mater 2021; 416: 126124.
doi: 10.1016/j.jhazmat.2021.126124.
46.Alderete TL, Jones RB, Chen Z, et al. Exposure to traffic-related air pollution and the composition of the gut microbiota in overweight and obese adolescents. Environ Res 2018; 161: 472-8.
doi: 10.1016/j.envres.2017.11.046.
47.Goodman KE, Hare JT, Khamis ZI, et al. Exposure of human lung cells to polystyrene microplastics significantly retards cell proliferation and triggers morphological changes. Chem Res Toxicol 2021; 34(4): 1069-81.
doi: 10.1021/acs.chemrestox.0c00486.
48.Yee MS, Hii LW, Looi CK, et al. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. Nanomaterials (Basel) 2021; 11(2): 496.
doi: 10.3390/nano11020496.
49.Sun K, Song Y, He F, et al. A review of human and animals exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Health risk and adverse effects, photo-induced toxicity and regulating effect of microplastics. Sci Total Environ 2021; 773: 145403.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145403.
50.Godoy V, Blázquez G, Calero M, et al. The potential of microplastics as carriers of metals. Environ Pollut 2019; 255(Pt 3): 113363.
doi: 10.1016/j.envpol.2019.113363.
51.Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. Environ Int 2021; 146: 106274.
doi: 10.1016/j.envint.2020.106274.
52.Ramsperger AFRM, Narayana VKB, Gross W, et al. Environmental exposure enhances the internalization of microplastic particles into cells. Sci Adv 2020; 6(50): eabd1211.
doi: 10.1126/sciadv.abd1211.
53.Peters A, Veronesi B, Calderón-Garcidueñas L, et al. Translocation and potential neurological effects of fine and ultrafine particles a critical update. Part Fibre Toxicol 2006; 3: 13.
doi: 10.1186/1743-8977-3-13.

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]

Original Article

The Occurrence and Abundance of Microplastics in Dust Settled in Indoor and Outdoor Environments of Residential Houses in Kermanshah

S. E. Hashemi (PhD)[1], M. Nouri (PhD)[2], S. Naseri (MSc)[2], H. Hossini (PhD)[3**], M. Limoee (PhD)[3]*

[1] Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

[2] Student Research Committee, School of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

[3] Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

(Received 26 Dec, 2023 Accepted 20 Feb, 2024)

Abstract

Background: Microplastics are persistent environmental pollutants. Their presence in water resources, air and food chains is a growing concern all over the world. Since air is a strong environmental substrate, the release and effects of airborne microplastics can remain localized or go far beyond the point of release. In this study, the indoor and outdoor air pollution of residential houses in Kermanshah, Iran, was investigated.

Materials and Methods: In order to collect samples, different parts of the houses, including bedroom, living room, kitchen, corridor, yard and roof, were selected as the sampling points. Ten stations were selected as the sampling points. After washing with distilled water, the samples were transferred to the laboratory through a fiberglass filter (diameter 47 mm, 1.1 µm pore size) and filtered using a vacuum pump. After preparing and extracting the above samples, the visual method was used for the quantitative and qualitative detection of the microplastics.

Results: The results of the study confirmed the presence of microplastics in all the samples. The frequency of microplastics was minimum 158 and maximum 4480 per square meter. The indoor samples were significantly more polluted than the outdoor samples. The highest frequency was related to black fiber, which can be attributed to a textile origin. Also, more than 78% of the samples were determined to be less than 500 micrometers in size.

Conclusion: Exposure to microplastic-contaminated air is inevitable, and currently, our knowledge about the release of microplastics in indoor air as well as the factors affecting microplastic transmission is lacking. There is a need for more studies focusing on these issues, because they are of great importance in assessing the potential risk of microplastics on human health.

Keywords: Microplastics, dust, air quality, indoor environment, outdoor environment

©Iran South Med J. All rights reserved

Cite this article as: Hashemi S. E, Nouri M, Naseri S, Hossini H, Limoee M. The Occurrence and Abundance of Microplastics in Dust Settled in Indoor and Outdoor Environments of Residential Houses in Kermanshah. Iran South Med J 2023; 26(5): 284-301

[**] *Address for correspondence:* Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran
Email: hoo.hosseini@gmail.com
*ORCID: 0000-0003-1967-0904
**ORCID: 0000-0002-4049-9235

[Downloaded from ismj.bpums.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/ismj.26.5.284]