

ارزیابی و تحلیل میزان فلزات سنگین Cd, Hg, Ni, Pb هوای محیط استان‌های در معرض ریزگرد و غبار در ایران (مطالعه موردی: 5 استان)

اعظم طباطبایی^{1*}، فرشته دست‌گشاده²، کریم پوراسد مهربانی³، شهرام سپهر نیا⁴

1 کارشناس ارشد بیولوژی دریا و مسئول بخش سنجش فلزات، سازمان حفاظت محیط‌زیست

2 کارشناس ارشد شیمی تجزیه و کارشناس بخش سنجش فلزات، سازمان حفاظت محیط‌زیست

3 کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست و معاون دفتر پایش فراگیر، سازمان حفاظت محیط‌زیست

4 کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی - علوم محیط زیست و کارشناس مسئول بخش سنجش گازهای خروجی، سازمان حفاظت محیط‌زیست

(تاریخ دریافت: 1391/8/24؛ تاریخ تصویب: 1393/4/30)

چکیده

آلودگی هوا به لحاظ ماهیت سیال بودن هوا، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی در مناطق شهری و صنعتی که سلامت انسان‌ها را تهدید می‌کند ناشی از همین امر می‌باشد که از جمله این آلاینده‌ها، وجود ذرات معلق در هوا و ایجاد پدیده ریزگردهاست. پدیده ریزگردها نه تنها به مرزهای تقسیمات جغرافیایی درون کشوری محدود نمی‌شود، بلکه هم‌اکنون ماهیت فرامرزی و حتی منطقه‌ای به خود گرفته است. شناخت کمی و کیفی ریزگردها نقش مهمی در زمینه تعیین منشأ، برنامه‌ریزی جهت مهار و مقابله با آنها ایفا می‌کند. در این راستا، با توجه به احتمال حضور فلزات به همراه ذرات گرد و غبار، آنالیز فیلترهای تفلونی و فایبرگلاس در ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در 5 استان مختلف ایران در زمان‌هایی که بیشترین آلودگی وجود داشت، جهت اندازه‌گیری فلزات انتخاب شد. هدف از تحقیق حاضر، پایش آلودگی فلزات هوا برده، به منظور تعیین میزان فلزات Cd, Hg, Ni, Pb در فیلترهای هوا (تفلونی و فایبر گلاس) می‌باشد. نمونه فیلترهای نصب شده در ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای استان‌های همدان، سیستان و بلوچستان، هرمزگان، کرمان و زنجان در زمان‌هایی که بیشترین آلودگی وجود داشت، جمع‌آوری و میزان فلزات پس از هضم اسیدی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که میزان سرب و جیوه اندازه‌گیری شده در هر دو نوع از فیلترهای هوا (تفلونی و فایبر گلاس) در کلیه استان‌های هدف، براساس استانداردهای معتبر جهانی، Federal و EU Target WHO، زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد. در خصوص میزان فلزات نیکل و کادمیوم اندازه‌گیری شده در فیلترهای فوق در بعضی از ایستگاه‌ها براساس استانداردهای معتبر جهانی EU Target WHO، غلظت آن‌ها زیر حد مجاز آلودگی و در بعضی دیگر، در محدوده استانداردهای معتبر جهانی مشاهده شد.

کلید واژه‌ها: ذرات معلق، پدیده ریزگردها، فیلترهای هوا (تفلونی و فایبرگلاس)، کادمیوم، سرب، نیکل، جیوه

سراغاز

سرزمین‌های خشک و نیم‌خشک و عرصه‌های بیابانی، پیوسته با پدیده فرسایش بادی روبرو هستند. گاهی عوارض این پدیده سطح وسیعی از این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد و دامنه آثار آن، از جمله جابه‌جایی ریزگردها، حتی به نقاط مرطوب و عرض‌های شمالی کره‌زمین هم کشیده می‌شود. کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرار داشتن روی کمربند خشک کره زمین، پیوسته از آثار فرسایش بادی چه با منشایی داخلی یا خارجی، متأثر بوده است. این رویداد اغلب خسارت‌ها و صدمه‌هایی را به منابع زیستی، اقتصادی-اجتماعی و حتی فرهنگی وارد کرده است. هر چند رویداد فرسایش بادی در کشور سابقه دیرینه‌ای دارد، اما در سال‌های اخیر، بنا به عواملی از مسایل طبیعی مانند: خشکسالی‌ها و تغییر شرایط اقلیمی یا اثر عامل انسانی مانند: مدیریت نادرست منابع آب، خاک، پوشش گیاهی و بهره‌برداری ناپایدار از منابع اراضی، عوارض پدیده فرسایش خاک تشدید شده است. نتایج بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که بیشترین منشای به وجود آورنده ریزگردهای سال‌های اخیر در جنوب غرب و غرب کشور، به طور کلی مبدای خارجی داشته و منشأ آن قسمت‌هایی از سرزمین‌های کشور عراق، سوریه و عربستان است. اگرچه کشور ما با پدیده ریزگردها یا طوفان‌های گرد و غبار که اغلب منشای داخلی دارد هم روبروست، ولی این پدیده بیشتر محلی بوده و از نظر زمانی هم به نسبت کوتاه مدت است (آرشیو وب فارسی واضح، 1390). بنابراین، با توجه به اهمیت پدیده ریزگردها و تأثیر آن‌ها بر اتمسفر، تغییر درجه حرارت، اقلیم، میزان بارندگی، ایجاد خشکسالی و همچنین قابلیت آن‌ها در انتقال فلزات، سموم، مواد رادیواکتیو، ارگانیسیم‌ها مانند: باکتری‌ها و ویروس‌ها و در نتیجه ورود آن‌ها به سیستم تنفسی و آثار سوء روی سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات، اهمیت موضوع بیشتر آشکار می‌شوند. منابع ریزگردی در اقلیم‌هایی است که بارش و پوشش گیاهی ناچیز است. در خاورمیانه، عربستان یکی از 5 منطقه اصلی برداشت ریزگرد جهانی شناخته شده است. بر پایه تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی، جنوب عراق و کویت بیشترین رخدادهای ریزگردی را در خاورمیانه داشته‌اند. بیشترین ریزگرد در شبه جزیره عربستان تولید می‌شود. منبع ریزگرد که در مرز یمن و عربستان واقع شده، پس از منطقه صحرای آفریقای مرکزی و

غربی، سومین منطقه برداشت ریزگرد جهان است. طوفان ریزگردی در قسمت شمالی شبه قاره هند و مناطق اطراف آن هم رایج هستند. بیشترین فراوانی طوفان‌های ریزگرد در مرزهای بین ایران-افغانستان و پاکستان رخ می‌دهد و مناطق دیگر با فراوانی زیاد شامل ساحل دریای عمان در ایران (مکران)، دشت‌های سند پاکستان به سوی شمال‌غربی هند و حوضه ایندوگانگتیک است (رایگانی بهزاد، 1391).

ریزگردها یکی از اجزای مهم تشکیل‌دهنده آلاینده‌های هوا می‌باشند که یا تحت عنوان ذرات اولیه به طور مستقیم از طریق فرسایش بادی با منشای داخلی یا خارجی شامل فعالیت‌های انسان‌ساخت و طبیعی مانند: وسایل نقلیه، فعالیت‌های صنعتی، خانگی، فرسایش جاده‌های غیرآسفالتی و حریق وارد محیط می‌شوند و یا پس از ورود به محیط بر اثر واکنش با ترکیبات متعدد مانند: گازهای SO_2 (دی‌اکسید سولفور) و NO_x (اکسیدهای نیتروژن) که بیشتر توسط احتراق سوخت‌های فسیلی، صنایع و ترافیک به محیط منتشر می‌شوند، به صورت ذرات ثانویه (آئروسول) شکل می‌گیرند. در نواحی با فرسایش خاک زیاد، گرد و غبار به‌عنوان یک آلوده‌کننده عمده، کیفیت هوا را کاهش می‌دهد و سلامتی انسان‌ها را به خطر می‌اندازد. گردوغبار منجر به افزایش بیماری‌های مننژیت، تب دره، آسم، عفونت‌های چشمی، بیماری‌های ویروسی و صدمه به DNA سلول‌های پوست و ریه می‌شود. به‌علاوه، این پدیده بر میزان کوچ و زادآوری پرندگان، شرایط زیستگاهی حیات‌وحش و کاهش میزان رویش‌های علفی و تنوع گیاهی اثرگذار است. همچنین گردوغبار باعث کاهش کیفیت آب و سلامت هوا شده، بر روند رشد گیاهان تأثیر منفی داشته و شرایط رویشگاهی را با تنگناهای متعددی روبرو می‌سازد (آرشیو وب فارسی واضح، 1390). ریزگردها معمولاً مخلوطی از ذرات جامد یا محلول و یا هر دوی آنها می‌باشند که به‌صورت معلق در هوا وجود دارند و قادرند تا مدت‌ها به‌صورت معلق باقی‌مانده و حتی به فواصل چند کیلومتر دورتر از منبع اصلی خود حرکت کنند و به همراه یکسری از ذرات معدنی تخلیه شده به اتمسفر منجر به افزایش غلظت بعضی مواد آلاینده دیگر از جمله فلزات سنگین شوند و آثار زیان‌آوری روی انسان و سایر موجودات بگذارند (شیخی و همکاران، 1389; Jasminka et al., 2007; Adriaenssens, 2009; Popescu, 2011; Crintoaie & Mariana, 2011).

برای کنترل آلودگی فلزات سنگین و محدود نمودن آثار مضر ناشی از آن‌ها، دولت و عوامل قانون‌گذار باید به‌طور جدی به اجرای قوانین سخت‌گیرانه و دقیق بپردازند. دستیابی به این قوانین، مستلزم به‌کارگیری تکنیک‌های پیش‌صیح به‌طور گسترده می‌باشد (Adriaenssens, 2007). هدف از این تحقیق، بررسی و تعیین میزان فلزات Cd, Ni, Pb و Hg در فیلترهای تفلونی و فایبرگلاس نصب شده در ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا که در معرض ریزگرد و غبارها قرار داشته‌اند، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری فیلترها و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه

روش کار: در این مرحله فیلترهای تفلونی و فایبرگلاس نصب شده در آنالایزرهای ایستگاه‌های پایش کیفی هوا جهت آنالیز به آزمایشگاه جذب اتمی منتقل شدند. در این ایستگاه‌های پایش کیفی هوا، نمونه هوا از میان پراب‌های نمونه‌برداری به آنالایزرهای سنجش گازها و ذرات هدایت می‌شود. آنالایزر سنجش ذرات دارای پراب مجزا از پراب نمونه‌برداری آنالایزرهای سنجش گازها می‌باشد (Anonymous, 2005; Avie & William, 1999).

در این بررسی، استان‌های هدف شامل: سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، زنجان و همدان بودند که ایستگاه‌های پایش کیفی هوای نصب شده در این استان‌ها شامل 3 مدل Environment S.A و Ecotec.Horiba می‌باشند.

دبی نمونه‌برداری آنالایزرها به تفکیک مدل ایستگاه، براساس جدول (1) می‌باشد.

فیلترهای به کار رفته در آنالایزرهای گازی، از جنس تفلون و فیلترهای به کار رفته در آنالایزرهای سنجش ذرات، از جنس فایبرگلاس است. روش آنالیز آنالایزرها، بر اساس جدول (2) می‌باشد.

– هضم فیلترهای هوا

به‌منظور هضم فیلترهای هوا جهت اندازه‌گیری فلزات، هر کدام از فیلترهای تفلونی، فایبرگلاس و همچنین نمونه فیلترهای خام (از هر کدام از فیلترهای فوق) به‌عنوان شاهد به‌طور جداگانه بر اساس راه‌کار مربوطه هضم شدند.

قرارگیری در معرض فلزات سنگین، باعث ایجاد محدوده وسیعی از اختلال‌ها در انسان و خطرهای اکولوژیکی می‌شود. بنابراین، این مساله حیاتی به نظر می‌رسد که انتشارات وارده به محیط‌زیست به شدت محدود و کنترل شوند. چون فلزات سنگین به روش‌های متنوعی وارد محیط می‌شوند. امروزه انتشارات هوابرد از نگرانی‌های ویژه به‌شمار می‌آیند. آلاینده‌ها وقتی وارد اتمسفر می‌شوند، قادر به انتقال به اکوسیستم‌های وسیع در فواصل دورتر از منبع اصلی می‌باشند (Adriaenssens, 2007; Popescu, 2011).

مواد خطرناک موجود در هوای محیط که توسط شبکه‌های گوناگون پایش هوا و از بررسی‌های انجام گرفته شناسایی شده و از ترکیب‌های اصلی نگران‌کننده به‌شمار می‌آیند، شامل: دی‌اکسیدسولفور، اکسیدنیترژن، ازن، ذرات ریز (PM₁₀, PM_{2.5})، دوده، VOC (ترکیبات آلی فرار)، هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک، فلزات سنگین (در مواد معلق و مواد ته‌نشست)، باران اسیدی، فلئوریدهیدروژن، دی‌اکسین، PCB 126 و سموم در آب باران، می‌باشند (Adriaenssens, 2007).

فلزات سنگین، فلزات پایدار یا متالوئیدهای پایدار هستند که چگالی آن‌ها بیش از $4/5 \text{ g/cm}^3$ است (اسماعیلی ساری، 1381؛ سپهرنیا و فراهانی، 1391). فلزات سنگین اجزای طبیعی سازنده پوسته زمین و پایدار هستند و نمی‌توانند تخریب یا تجزیه شوند. بنابراین، به تجمع در خاک و رسوب‌ها تمایل داشته و طول عمر بالایی دارند بنابراین، در زنجیره غذایی باقی‌مانده و در نهایت باعث اختلال‌های عصبی و حرکتی در موجودات زنده می‌شوند (اسماعیلی ساری، 1381؛ Crintoaie & Mariana, 2011). با این حال، فعالیت‌های انسان، به شدت چرخه‌های بیوشیمیایی، زمین‌شناسی و تعادل بعضی از فلزات سنگین را دگرگون کرده است. منابع اصلی انسان‌ساز فلزات سنگین شامل منابع نقطه‌ای صنعتی مانند: معادن، ریخته‌گری، کارخانجات ذوب فلزات و منابع انتشار مانند فرآورده‌های جانبی احتراق، ترافیک و غیره می‌باشند. فلزات سنگین به نسبت فرار بوده و آن‌هایی که به ذرات هوابرد می‌چسبند، می‌توانند به‌طور گسترده در مقیاس‌های بسیار وسیع پراکنده شوند (سپهرنیا و فراهانی، 1391؛ Mukesh, 2000). از منابع اصلی دیگر فلزات سنگین موجود در اتمسفر، صنایع غیرفلزی، ترکیبات سوخت فسیلی، پساب و ترافیک می‌باشند که در هوای قابل تنفس، ذرات معلق و ذرات رسوبی پدیدار می‌شوند (Adriaenssens, 2007).

جدول (1): دبی نمونه برداری آنالیزها
به تفکیک مدل ایستگاه

| نوع پارامتر | مدل ایستگاه | آنالیز | دبی نمونه برداری |
|-------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | Horiba | CO | 1/5 l/min |
| | | SO ₂ | 0/8 l/min |
| | | NO _x | 0/8 l/min |
| | | O ₃ | 0/8 l/min |
| | | ذرات | 1 m ³ /hr |
| 2 | Ecotec | CO | 1/5 l/min |
| | | SO ₂ | 0/57 l/min |
| | | NO _x | 0/57 l/min |
| | | O ₃ | 0/5 l/min |
| | | ذرات | 1 m ³ /hr |
| 3 | Environment S.A | CO | 1/31 l/min |
| | | SO ₂ | 0/45 l/min |
| | | NO _x | 0/66 l/min |
| | | O ₃ | 1 l/min |
| | | Vocs | 0/07 l/min |
| | | Hcs | 1/33 l/min |
| | | ذرات | 1 m ³ /hr |

جدول (3): برنامه دمایی و زمانی مشخص دستگاه
مایکروویو جهت هضم نمونه فیلترهای هوا

| برنامه | انرژی % | زمان (دقیقه/ثانیه) | دما °C |
|--------|---------|--------------------|--------|
| 1 | 100 | 10/00 | 50 |
| 2 | 100 | 10/00 | 100 |
| 3 | 100 | 22/00 | 200 |

ظروف حجمی مخصوص حاوی 0/8 gr اسید بوریک منتقل و در نهایت با آب دیونیزه به حجم 50 ml رسانده شدند. در این مرحله، نمونه آماده تزریق به دستگاه شد (Avie & William, 1999; Anonymous, 2003; Anonymous, 2004; Anonymous, 2005; Richard et al., 2010; Danadurai et al., 2011).

روش هضم نمونه فیلترهای فایبرگلاس: هضم این نمونه‌ها نیز توسط دستگاه مایکروویو (Berghof-MWS-2) براساس راه کار هضم نمونه فیلترهای تفلونی انجام گرفت، ولی با این تفاوت که حداقل 10 سانتی‌متر از نمونه فیلتر فایبرگلاس در ظروف مخصوص مایکروویو قرار داده شد و سایر مراحل بر اساس راه کار پیش رفت (Avie & William, 1999; Anonymous, 2003; Anonymous, 2004; Anonymous, 2005; Richard et al., 2010; Danadurai et al., 2011).

– اندازه گیری فلزات در نمونه فیلترهای هضم شده

اندازه‌گیری فلزات Cd, Ni, Pb در فیلترهای تفلونی، فایبرگلاس و نمونه‌های شاهد پس از مرحله هضم توسط دستگاه جذب اتمی Varian 240 در طول موج‌های مخصوص به هر فلز و لامپ مربوطه (کادمیوم در 228/8 نانومتر، نیکل در 232 نانومتر و سرب در 217 نانومتر) و اندازه‌گیری فلز Hg، توسط دستگاه مرکوری آنالیزر Milestone DMA 80 انجام شد (اسماعیلی ساری، 1381; بهرامی و همکاران، 1383 William & Winberry, 1999; Anonymous, 2003; Anonymous, 2004; Anonymous, 2005; Richard et al., 2010; Danadurai et al., 2011).

– محاسبات نهایی

نمونه فیلترهای تفلونی: پس از اخذ داده‌های میزان غلظت فلزات در محلول حاصل از هضم توسط دستگاه جذب اتمی، غلظت فلز در نمونه‌های فیلتر تفلونی به صورت زیر محاسبه شد که نتایج در جدول (4) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول (2): روش آنالیز آنالیزهای سنجش ذرات

| نوع پارامتر | روش آنالیز |
|-----------------|---------------------------------|
| CO | Non-Dispersive Infra-Red (NDIR) |
| SO ₂ | UV فلورسانس |
| O ₃ | جذب ازن |
| NO _x | کمی لومینانس |
| VOCs | کروماتوگرافی گازی |
| HCS | یونیزاسیون شعله‌ای |
| ذرات | کاهش جذب اشعه بتا |

روش هضم نمونه فیلترهای تفلونی: هضم نمونه‌ها توسط دستگاه مایکروویو (Berghof MWS-2) انجام گرفت. ابتدا، یک نمونه فیلتر تفلونی در ظروف مخصوص مایکروویو قرار داده و 5 ml اسید نیتریک 65 درصد و 2 ml اسید فلئوئوریدریک غلیظ به آن اضافه شد و سپس به مدت 1 ساعت در دمای اتاق باقی ماند. پس از این مدت ظروف طبق برنامه دمایی و زمانی مشخص در مایکروویو براساس جدول (3) قرار داده شدند. پس از این مرحله و پس از خنک شدن ظروف، نمونه‌ها به

(min)، D = دبی هر نقطه (lit/min)، P = تعداد نقاط نمونه‌برداری روی فیلتر فایبرگلاس (Anonymus, 2003; Anonymus, 2004; Anonymus, 2005).

یافته‌ها

پس از انجام مراحل نمونه‌برداری، آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها، نتایج حاصله براساس جدول (4) به‌دست آمد. جدول (4)، نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات Cd, Ni, Pb, Hg و را در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 5 استان مورد هدف در زمان‌هایی که بیشترین آلودگی وجود داشت را نشان می‌دهد. جدول (5)، غلظت میانگین استانداردهای سالانه فلزات را براساس استانداردهای معتبر جهانی EU Target، WHO، California و Federal را نشان می‌دهد (Anonymus, 2000; Anonymus, 2003; Anonymus, 2009; Anonymus, 2011; Anonymus, 2002; Milieu, Anonymus, 2011; Leeuw & Ruysenaars., 2004).

$$C = \frac{Gs \times V}{t \times D} \quad (1)$$

C = غلظت فلز در نمونه هوا ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)، Gs = غلظت فلز در محلول فلزی حاصل از هضم ($\mu\text{g}/\text{l}$)، V = حجم رقت (ml) (50)، t = مدت زمانی که فیلتر در معرض هوا قرار داشته است (min)، D = دبی (lit/min) (Anonymus, 2003; Anonymus, 2004; Anonymus, 2005).

نمونه فیلترهای فایبرگلاس: پس از اخذ داده‌های میزان غلظت فلزات در محلول حاصل از هضم توسط دستگاه جذب اتمی، غلظت فلز در نمونه‌های فیلتر فایبرگلاس به صورت زیر محاسبه شد که نتایج هر یک از آن‌ها در جدول (4) قابل مشاهده می‌باشد.

$$C = \frac{Gs \times V}{t \times D \times P} \quad (2)$$

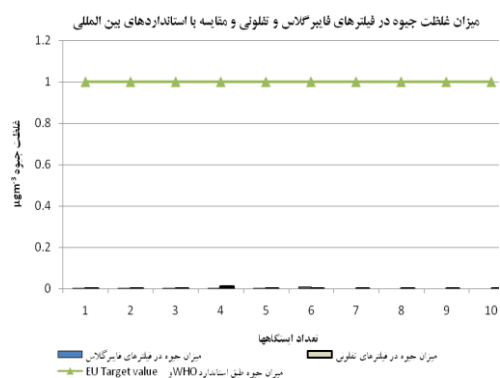
C = غلظت فلز در نمونه هوا ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)، Gs = غلظت فلز در محلول فلزی حاصل از هضم ($\mu\text{g}/\text{l}$)، V = حجم رقت (ml) (50)، t = مدت زمانی که هر نقطه در معرض هوا قرار داشته است

جدول (4): نتایج آنالیز پارامترهای فلزی در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی، در ایستگاه‌های 5 استان مورد هدف

| ردیف | نام استان | محل نمونه برداری | فاکتورهای مورد سنجش ($\mu\text{g m}^{-3}$) | | | |
|------|-------------------|--|--|-------|--------|--------|
| | | | Pb | Ni | Hg | Cd |
| 1 | سیستان و بلوچستان | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 1) | 0/04 | 0/017 | 0/0009 | 0/0002 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی گاز CO - شماره 1) | 0/01 | 0/015 | 0/0004 | 0/001 |
| 2 | هرمزگان | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی گاز CO - شماره 2) | 0/02 | 0/018 | 0/0008 | 0/002 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی گاز NO - شماره 3) | 0/04 | 0/02 | 0/001 | 0/004 |
| 3 | همدان | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 2) | 0/03 | 0/019 | 0/001 | 0/003 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - گازهای CO- NOx - شماره 4) | 0/2 | 0/017 | 0/009 | 0/005 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - گازهای SO ₂ - O ₃ - شماره 5) | 0/03 | 0/02 | 0/001 | 0/003 |
| 4 | زنجان | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 3) | 0/05 | 0/018 | 0/001 | 0/004 |

ادامه جدول (4): نتایج آنالیز پارامترهای فلزی در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی، در ایستگاه‌های 5 استان مورد هدف

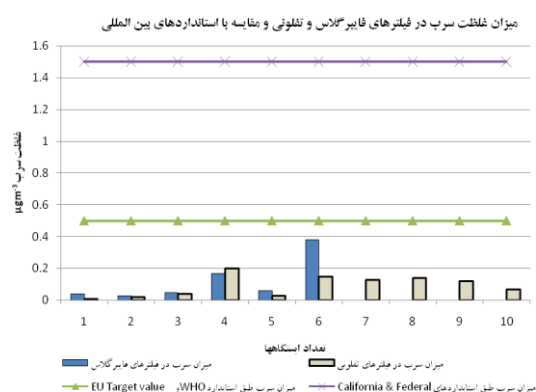
| ردیف | نام استان | محل نمونه برداری | فاکتورهای مورد سنجش ($\mu\text{g m}^{-3}$) | | | |
|------|-----------|--|--|-------|-------|-------|
| | | | Pb | Ni | Hg | Cd |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 4) | 0/169 | 0/019 | 0/001 | 0/004 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 5) | 0/06 | 0/017 | 0/001 | 0/004 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - شماره 6) | 0/15 | 0/017 | 0/001 | 0/005 |
| 5 | کرمان | ایستگاه‌های هوا (فیلتر فایبرگلاس - شماره 6) | 0/38 | 0/02 | 0/007 | 0/005 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - شماره 7) | 0/13 | 0/02 | 0/001 | 0/005 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - شماره 8) | 0/14 | 0/02 | 0/001 | 0/003 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - شماره 9) | 0/12 | 0/02 | 0/001 | 0/005 |
| | | ایستگاه‌های هوا (فیلتر تفلونی - شماره 10) | 0/067 | 0/02 | 0/001 | 0/005 |



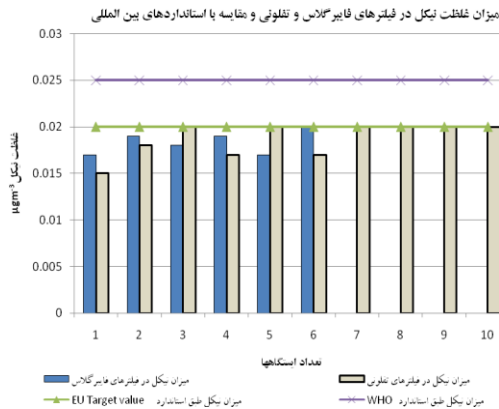
شکل (2): مقایسه میانگین غلظت جیوه در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 1-10 در استان‌های هدف با استانداردهای معتبر جهانی

نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که میزان سرب و جیوه اندازه‌گیری شده در هر دو نوع از فیلترهای هوا (تفلونی و فایبرگلاس) در کلیه استان‌های هدف براساس استانداردهای California Air Resources Board ($1/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) میانگین زمان 30 روزه برای سرب) و استانداردهای WHO و EU Target value ($0/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) میانگین سالانه برای سرب و $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ برای جیوه) زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد.

شکل‌های (1-4)، مقایسه غلظت‌های فلزات اندازه‌گیری شده در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 5 استان مورد هدف را با استانداردهای معتبر جهانی براساس جدول (5) نشان می‌دهد.

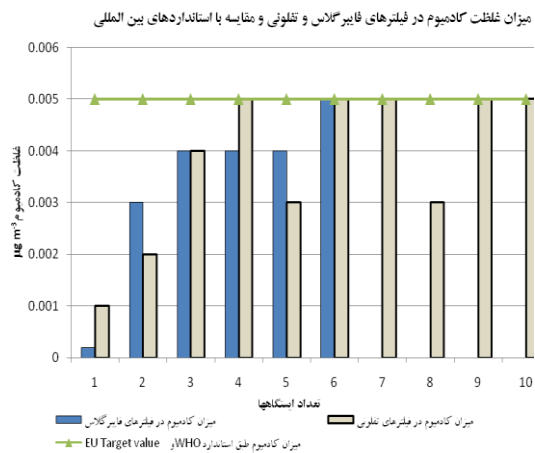


شکل (1): مقایسه میانگین غلظت سرب در فیلترهای فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 1-10 در استان‌های هدف با استانداردهای معتبر جهانی



شکل (4): مقایسه میانگین غلظت نیکل در فیلترهای

فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 1-10 در استان‌های هدف با استانداردهای معتبر جهانی



شکل (3): مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در فیلترهای

فایبرگلاس و تفلونی نصب شده در ایستگاه‌های 1-10 در استان‌های هدف با استانداردهای معتبر جهانی

جدول (5): غلظت میانگین استانداردهای سالانه فلزات مطابق استانداردهای معتبر جهانی

| استانداردهای California & Federal (µg m ⁻³) | استاندارد WHO (µg m ⁻³) | استاندارد EU Target value (µg m ⁻³) | فلزات |
|---|---|---|---------|
| - | 0/005 | 0/005 | کادمیوم |
| 1/5 | 0/5 | 0/5 | سرب |
| - | 0/025 | 0/020 | نیکل |
| - | 1 | 1 | جیوه |

سالانه)، زیر حد مجاز آلودگی و در استان کرمان (ایستگاه 6) میزان این فلز براساس استاندارد EU Target value (0/020 µg/m³ میانگین سالانه)، در حد مجاز آلودگی و براساس استاندارد WHO (0/025 µg/m³ میانگین سالانه)، زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد.

میزان فلز کادمیوم اندازه‌گیری شده در فیلترهای تفلونی در استان‌های همدان (ایستگاه 4)، زنجان (ایستگاه 6) و کرمان (در ایستگاه‌های 7، 9 و 10) غلظت این فلز به یک میزان و براساس استانداردهای موجود WHO و EU Target value (0/005 µg/m³ میانگین سالانه برای کادمیوم)، در حد مجاز آلودگی می‌باشد. در سایر استان‌های سیستان و بلوچستان (ایستگاه 1)، هرمزگان (ایستگاه‌های 2 و 3)، همدان (ایستگاه 5) و کرمان (ایستگاه 8) میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده براساس استانداردهای WHO و EU Target value، زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد. در خصوص میزان فلز نیکل در این فیلترها در

نتایج به‌دست آمده در مورد میزان فلزات کادمیوم و نیکل اندازه‌گیری شده در هر دو نوع از فیلترهای هوا (تفلونی و فایبرگلاس) در استان‌های مورد هدف نیز مورد بررسی قرار گرفت. میزان فلز کادمیوم اندازه‌گیری شده در فیلترهای فایبرگلاس در استان‌های سیستان و بلوچستان (ایستگاه 1)، همدان (ایستگاه 2)، زنجان (ایستگاه‌های 3، 4 و 5) براساس استانداردهای موجود WHO و EU Target value (0/005 µg/m³ میانگین سالانه برای کادمیوم)، زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد. استان کرمان (ایستگاه 6)، میزان این فلز براساس استانداردهای موجود WHO و EU Target value (0/005 µg/m³ میانگین سالانه برای کادمیوم)، در حد مجاز آلودگی به‌دست آمد. میزان فلز نیکل در این فیلترها در استان‌های سیستان و بلوچستان (ایستگاه 1)، همدان (ایستگاه 2)، زنجان (ایستگاه‌های 3، 4 و 5) براساس استاندارد EU Target value (0/020 µg/m³ میانگین سالانه) و براساس استاندارد WHO (0/025 µg/m³ میانگین

اما، طولی نکشید که دامنه نفوذ آن بسیار گسترش یافت، تا این‌که در ماه اردیبهشت، بیش از نیمی از ایران را در بر گرفت و در برخی مناطق نیز با بادهای شدید و باران گل توأم شد. در ماه خرداد، محدوده تحت سیطره امواج ریزگرد بازهم گسترش پیدا کرد. بنابراین، با توجه به قابلیت این ریزگردها در حمل و انتقال فلزات و اهمیت موضوع مواجهه مداوم انسان با فلزات که آثار سوء و مضر روی سلامت کلیه موجودات زنده دارد؛ علاوه بر بررسی پدیده ریزگردها و اندازه‌گیری میزان ذرات، بررسی و توجه بیشتر به موضوع آنالیز فلزات خطرناک همراه با آنها به‌عنوان یک موضوع نو و مهم، ضروری به نظر می‌رسد. به علت این که کیفیت هوایی که ما انسان‌ها تنفس می‌کنیم تأثیر زیادی روی کیفیت زندگی ما دارد، آلودگی هوای محیط باید به‌عنوان یک اولویت در برنامه‌های محیط‌زیستی قرار گیرد. آلودگی هوا به‌همراه ذرات و سایر مواد خطرناک دیگر نه تنها اثر استرس‌زا روی انسان‌ها، گیاهان و حیوانات دارد، بلکه کل محیط‌زیست را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد.

با توجه به بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام شده در تعداد معدودی از نمونه‌ها در این تحقیق، نتایج حاضر فقط یک هشدار و یک شاخص اشاره‌کننده می‌باشد. براساس یافته‌های حاصل، پیشنهاد می‌شود مدت پایش ذرات آئروسول و فلزات سنگین به‌ویژه در مناطق صنعتی و در معرض آلودگی به‌صورت پیوسته و طولانی انجام پذیرد. این موضوع به‌ویژه در جهت تلاش در دستیابی به مدیریت صحیح کیفی هوا و آرایه اطلاعات به‌منظور ارزیابی بهتر آثار مضر فلزات موجود در ریزگردها، بر روی محیط‌زیست می‌باشد.

در این راستا، به‌منظور ارزیابی آلودگی هوا و ارزیابی میزان مواجهه انسان با این آلاینده‌ها و با هدف کاهش پدیده ریزگردها و در نتیجه کاهش ذرات و مواد خطرناک همراه با آنها، وجود ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در مناطق مختلف (به‌ویژه مناطق در معرض ریزگردها)، همچنین استقرار صحیح این ایستگاه‌ها در محل‌های مناسب و افزایش تعداد و گسترش آنها باید بیشتر مورد بررسی و توجه قرار گرفته شود.

در پایان، با تأکید بر اجرای طرح جامع مقابله با ریزگردها باید اشاره نمود، علاوه بر تلاش خود کشور در مهار این پدیده تا زمانی که همه کشورهای منطقه آن را جدی نگیرند، نمی‌توان کار اساسی انجام داد. در چنین شرایطی انتظار داریم کشورهای عربستان، عراق و سوریه به تعهدات بین‌المللی خود در قبال

استان‌های هرمزگان (ایستگاه 3)، همدان (ایستگاه 5)، و کرمان (ایستگاه 7، 8، 9 و 10) براساس استاندارد EU Target value ($0/020 \mu\text{g}/\text{m}^3$) میانگین سالانه، در حد مجاز آلودگی و براساس استاندارد WHO ($0/025 \mu\text{g}/\text{m}^3$) میانگین سالانه، زیر حد آلودگی می‌باشند. در استان‌های سیستان و بلوچستان (ایستگاه 1)، هرمزگان (ایستگاه 2)، همدان (ایستگاه 4) و زنجان (ایستگاه 6) میزان عنصر نیکل براساس استانداردهای فوق، زیر حد مجاز آلودگی می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، قابلیت جذب فلزات توسط فیلترهای تفلونی و فایبرگلاس نصب شده در ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا (در معرض ریزگرد و غبار) در 5 منطقه مختلف و همچنین آنالیز آنها جهت وجود میزان فلزات در هوا، مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل‌های (1-4) مشاهده می‌شود، غلظت‌های جیوه و سرب در هر دو نوع فیلترهای تفلونی و فایبرگلاس در مقایسه با استانداردهای معتبر جهانی EU Target، WHO، California و Federal، بسیار پایین و در محدوده استانداردهای پیشنهاد شده فوق می‌باشد که نشان‌دهنده تجمع ناچیز این فلزات روی فیلترهای فوق و در نتیجه نبود این فلزات در محیط می‌باشد. این مساله می‌تواند دیدگاهی مثبت در جهت وجود مقادیر ناچیزی از این فلزات به همراه ریزگرد و غبارها و در نتیجه کاهش عواقب سوء ناشی از آنها باشد. غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در بعضی ایستگاه‌ها، زیر حد مجاز آلودگی و در برخی دیگر در حد محدوده استانداردهای معتبر جهانی می‌باشد که می‌تواند بیان‌گر احتمال ایجاد آلودگی در مواجهه با فلزات فوق به‌طور پیوسته در مناطق مورد پایش و همچنین احتمال افزایش خطر ریسک میزان آلودگی و آثار سوء و مضر ناشی از آنها روی سلامتی انسان‌ها باشد.

سابقه ورود ریزگردها و غبار سنگین از کشورهای عربی غرب ایران به داخل کشور چندان موضوع جدیدی نیست؛ به‌طوری‌که در نخستین روزهای تابستان ۸۸، پدیده ریزگرد، ره‌آورد بادهای خشک عراق و سوریه، ایران را به زیر پرده‌ای از گرد و غبار فرو برد. همچنین ریزگرد سال ۸۹، نیز، همان‌طور که بسیاری پیش‌بینی می‌کردند، روی داد. اما، این بار حتی از سال قبل هم شدیدتر بود. مناطق غربی ایران و به‌خصوص استان خوزستان، ریزگرد را از همان روزهای آغازین سال ۸۹ دوباره تجربه کردند.

منشای گرد و غبار عمل نمایند.

فهرست منابع

- اسماعیلی ساری، ع. 1381. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست. چاپ اول. تهران. انتشارات نقش مهر.
- بهرامی، ع.؛ میرفانده، ر. و محجوب، ح. 1383. بررسی انتشار فیوم‌های روی در هوای محیط کار کارخانه آونگان اراک. چهارمین همایش سراسری بهداشت حرفه‌ای ایران. همدان.
- رایگانی، ب. 1391. شناخت و مدیریت ریزگردها، کارگاه آموزشی هفته هوای پاک، سازمان محیط‌زیست تهران.
- سپهرنیا، ش. و فراهانی، ا. 1391. فن آوری‌های کاربردی در پایش کیفی هوای محیط. چاپ اول. تهران. انتشارات اندیشمند.
- شیخی، ز.؛ جعفرموسوی، ع.؛ سخاوت‌جو، م. ص. و تکدستان، ا. 1389. بررسی و اندازه‌گیری کل ذرات معلق و فلزات سنگین در هوای شهر اهواز و مقایسه نتایج با استانداردهای محیطی.
- آرشیو وب فارسی واضح. 1390. گزارش بررسی علل پیدایش ریزگردها.
- Adriaenssens, E. 2007. Analysis of Heavy Metals in Ambient Air. Technical Article. International Labmate. 15. PP.
- Anonymous. 2000. Ambient Air Pollution By As, Cd And Ni Compounds. Position Paper. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. European Commission DG Environment
- Anonymous. WHO. 2000. Air Quality guidelines for Europe, 2nd edition. WHO Regional Office for Europe
- Anonymous. 2002. Review of data on heavy metals in ambient air in Australia. Atmosphere Technical Report No. 3. Environment Australi. 16pp
- Anonymous. 2003. Ambient Air Quality Standards. California Air Resources Board
- Anonymous. 2003. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM)-Method 7303 Issue 1-Elements by ICP. Fourth Edition. 2- 6 pp
- Anonymous. 2004. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (Moopam). 2004. The Regional Organization For the Protection of the Marine Environment (ROPME). 400 pp
- Anonymous. 2005. Pollution Prevention and Control Unit Malta Environment and Planning Authority. Report for the Analysis of Heavy Metals by Dust Speciation. MEPA. 14 pp
- Anonymous. 2009. Arsenic, Cadmium, Mercury, Nickel and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air Regulations. A9/0258. Statutory Instruments.
- Anonymous. 2011. Air Quality Standards Regulations. A11/0604. Statutory Instruments.
- Anonymous. 2011. Air quality in Europe. EEA Technical report. No 12/2011. Publications Office of the European Union.
- Avie, M., & William, T. 1999. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air, Compendium Method IO-3.1. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material. EPA Office 25 pp.
- Crintoaie, C. I. & Mariana, A. 2011. Pollution With Particulate Matter In A Former Metallurgical Center Of Romania. Series of Chemistry. 20 (2): 77-86
- Danadurai, K. S.; Chellam, S.; Lee, C. T. & Fraser, M. P. 2011. Trace elemental analysis of airborne particulate matter using dynamic reaction cell inductively coupled plasma- mass spectrometry: application to monitoring episodic industrial emission events. Anal Chim Acta. 686: 40-49

- Jasminka, D.; Jovasevic- Stojanovic, M.; Bartonova, A.; Radenkovic, M.; Yttri, K.; Besarabic, S. & Ignjatovic, L. 2009. Physical and chemical characterization of the particulate matter suspended in aerosols from the urban area of Belgrade. *J. Serb. Chem. Soc.* 74 (11): 1319–1333
- Leeuw, F. & Ruysenaars, P. 2011. Evaluation of current limit and target values as set in the EU Air Quality Directive. 2011/3. ETC/ACM Technical Report. 38 pp
- Milieu, Ltd. 2004. Comparison of the EU and US Air Quality Standards and planning Requirements. Case Study 2. A project for DG Environment. The Danish National Environmental research Institute and the center for clean air policy. 58 pp
- Mukesh, K. 2000. Toxic heavy metals in ambient air of Kathmandu. Environment and Public Health Organisation (ENPHO). 12 pp
- Popescu, C. G. 2011. Relation Between Vehicle Traffic And Heavy Metals Content From The Particulate Matters. *Romanian Reports in Physics.* 63 (2):471- 482.
- Richard, J. C. B.; Butterfield, D.; Goddard, Sh.; Muhunthan, D.; Brown, A.; Beccaceci, S. & Williams, M. 2010. Report to the Department of Environment, Food and Rural Affairs, and the Devolved Administrations. Annual Report for 2009 on the UK Heavy Metals Monitoring Network. AS 49. NPL Report
- William, T. & Winberry, J. r.1999. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air, Compendium Method IO-3.2. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Atomic Absorption (AA). EPA Office 23 pp.