مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی – درمانی شهید صدوقی یزد
دوره شانزدهم ، شماره چهارم ، زمستان ۱۳۸۷، صفحات ۲۵-۲۱

بررسی کل ذرات معلق و ترکیب مواد تشکیل دهنده آن در منطقه مرکزی شهر یزد

دکتر کاظم ندافی*[۱]، دکتر محمد حسن احرامپوش[۲]، وحید جعفری[۳]، دکتر رامین نبی زاده[٤]، دکتر مسعود یونسیان[٥]

چکیده

مقدمه: آلودگی هوا ازمهمترین مشکلات زیست محیطی در قرن اخیر است که سلامت انسانها را تهدید می‌نماید. از مهمترین منابع ایجاد آلودگی هوای شهری می‌توان به تردد وسائط نقلیه، فعالیت صنایع، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در مولدهای حرارتی اشاره نمود. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلاینده ذرات معلق در هوای شهر یزد انجام گردید.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی و از نوع توصیفی است. با تعیین یک ایستگاه در منطقه مرکزی شهر یزد(محدوده میدان شهیدبهشتی) و با استفاده از دستگاه نمونه‌گیری با حجم زیاد به مدت ۵ ماه از فروردین لغایت مرداد ماه سال ۱۳۸۵ نمونه‌برداری از ذرات معلق هوا انجام شد. بر اساس استراتژی‌های موجود از جمله دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و با توجه به معدود مطالعات انجام شده قبلی، به صورت یکروز در میان از هوای منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت و تعداد ۷۱ نمونه برداشت گردید. مقدار سرب موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی به روش شعله تعیین شد. درصد مواد آلی و معدنی موجود در (TSP) Total Suspended Particles نیزدر مورد تمامی نمونه‌ها با استفاده از روش وزن سنجی و سوزاندن در کوره تعیین گردید.

نتایج: یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان ذرات معلق هوای شهر یزد در برخی موارد بیش از حد استاندارد ملی است. میانگین کل ذرات معلق هوا در ۵ ماه ۲۳۳ میکروگرم برمترمکعب می‌باشد. میانگین غلظت ذرات معلق هوا در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد به ترتیب ۱۱۸، ۱۹۳، ۲۳۱، ۲۶۷ و ۳۳۳ می‌باشد. میانگین کل غلظت سرب برابر ۰/۰۴ میکروگرم بر متر مکعب و زیر حد استاندارد است. و مقدار مواد آلی و معدنی موجود در TSP نیز به ترتیب ۲۵/۳۱٪ و۷۴/۶۸٪ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: مقادیر کل ذرات معلق به عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی هوا در برخی از روزها بالاتر از حد استاندارد بود. لذا با توجه به تشدید بیماری‌های قلبی و تنفسی در زمانهایی که مقدار این آلاینده به بیش از حد استاندارد می‌رسد ضرورت توجه به برنامه‌های بهداشت هوا مشخص می‌گردد. کما اینکه در مورد تمام نمونه‌ها مقدار سرب بسیار کمتر از حد استاندارد گزارش شدکه شاید یکی از دلایل این امر، حذف سرب از بنزین به عنوان یکی از منابع اصلی وجود این آلاینده در هوا باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، یزد

مقدمه

امروزه وجود آلاینده‌های زیست محیطی جزء مهمترین مشکلات بشر است که در بین آنها آلودگی هوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(۱). عمومی‌ترین و سمی‌ترین آلاینده‌های هوا عبارتند از: منوکسید کربن(CO)، انیدرید سولفورو (So2)، کل ذرات معلق(TSP)، اکسیدهای ازت(NOX) و ازن (o3)(۲).

ذرات معلق، از آلاینده‌های اولیه و عمده هوا است(۳،۴). اثرات ذرات شامل کاهش فاصله قابل رویت، تغییر ضریب

*۱- نویسنده مسئول: دانشیار گروه بهداشت محیط- دانشکده بهداشت تهران
تلفن :۸۸۹۵٤۹۱٤-۰۲۱ ، نمابر ۸۸۹۵۰۱۸۸ – ۰۲۱
Email:knadafi@tums.ac.ir
۲،٤،٥-دانشیار گروه بهداشت محیط - دانشکده بهداشت
۳ - کارشناس ارشد بهداشت محیط
۲،۳- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
٤،٥،۱- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۸/۲٦ تاریخ پذیرش:۱۳۸۷/۳/۳۱

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-04-27]

تیرگی، گرم شدن هوا، ایجاد ضایعات و وقفه در رشد گیاهان، بروز مسمومیت در حیوانات، افزایش بیماری‌های قلبی و تنفسی در انسان وکثیف شدن و از بین رفتن اشیا می‌باشد(۵).

شهر یزد یکی از مهمترین شهرهای ایران از نظر صنعت، تجارت، آثار باستانی و تاریخی است که در دهه‌های اخیر توسعه زیادی داشته و در این توسعه کمتر به ابعاد زیست محیطی آن توجه شده است. رشد سریع صنایع نظیر صنعت فولاد، ازدیاد وسائط نقلیه، عدم ارتقا وضعیت ترافیک شهر، مهاجر پذیر بودن و از طرفی وجود عوامل طبیعی تشدید کننده آلودگی هوا و وضعیت خاص جغرافیایی و آب و هوایی از دلایل اصلی آلودگی هوای این شهر به شمار می‌روند. شاید بتوان یکی از مهمترین آلاینده‌های هوای شهر یزد را ذرات معلق ذکر کرد. مهمترین منابع آن عبارتند از ذرات ناشی از طوفانها و فعالیت صنایع و کوره‌های آجرپزی که در مجاورت شهر قرار دارند. مطالعات مشابهی که در مورد مقادیر ذرات معلق موجود در هوای شهر یزد انجام شده است همگی حاکی از مقدار بالای این آلاینده و بعضاً بسیار فراتر از حد استاندارد می‌باشد(۶). بنابراین تعیین مقادیر TSP و ترکیب مواد تشکیل دهنده آن در هوای شهر یزد در فصول بهار و تابستان از اهمیت خاصی برخوردار است، چرا که مطالعات قبلی بیشتر معطوف به فصل پائیز و زمستان بوده است.

در مورد تعیین درصد مواد آلی و معدنی ذرات معلق نیز تاکنون تحقیقات اندکی صورت گرفته است. یکی از آنها تحقیقی است که در قالب پایان نامه توسط مجید کرمانی در تهران انجام شد و درصد موادآلی و معدنی TSP به ترتیب ۲۴٪ و۷۶٪ گزارش شد(۷).

روش بررسی

این مطالعه، مقطعی و از نوع توصیفی می‌باشد که از ابتدای فروردین ماه لغایت پایان مرداد ماه ۱۳۸۵ در محدوده میدان شهید بهشتی به عنوان منطقه مرکزی شهر یزد انجام گرفت. علت انتخاب یک نقطه جهت نمونه‌برداری، به دلیل وجود محدودیت‌های فنی از جمله وجود یک دستگاه نمونه‌بردار با حجم زیاد در شهر یزد و نیز عدم امکان جابجایی آن بوده است. ازطرفی در بررسی و سنجش آلودگی هوا به منظور حفاظت هر چه بیشتر از سلامت افراد، اولویت بررسی با سنجش در بدترین وضعیت و نقطه‌ای است که احتمالاً بیشترین آلودگی در آنجا وجود دارد. لذا در مرحله تعیین نقطه نمونه‌برداری و پس از بررسی شرایط، محدوده مرکزی شهر یزد جهت این امر انتخاب شد(۸). بر اساس استراتژی‌های موجود از جمله دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و با توجه به معدود مطالعات انجام شده قبلی در کشور، به صورت یکروز در میان از هوای منطقه توسط دستگاه نمونه‌بردار با حجم زیاد، تعداد ۷۱ نمونه برداشت گردید(۹،۱۰). پس از کالیبراسیون دستگاه نمونه‌بردار، منحنی رابطه حجم هوای عبوری و ظاهری با استفاده از منحنی استاندارد دستگاه محاسبه و رسم گردید. سپس فیلترهای کاغذی و اتمن ۴۱ که رطوبت آن قبلاً گرفته بود را وزن نموده (وزن اولیه) در محل مورد نظر قرار دادیم و پمپ جهت نمونه‌برداری به مدت ۲۴ ساعت و به صورت اتوماتیک تنظیم گردید. پس از عملیات نمونه‌برداری فیلتر به آزمایشگاه منتقل و وزن آن (وزن ثانویه) تعیین گردید. غلظت ذرات با استفاده از رابطه $C = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 10^6$، محاسبه شدکه درآن:

C: غلظت ذرات معلق برحسب $\mu g/m^3$

W1 : وزن اولیه فیلتر و W2 وزن ثانویه فیلتر

V : حجم هوای عبوری از فیلتر برحسب m^3

برای محاسبه حجم هوای عبوری از رابطه $V = \frac{Q_1 - Q_2}{2} \times t$ استفاده شد که در آن :

Q1 و Q2 فلوی اولیه و ثانویه برحسب m^3/min و t زمان کل نمونه‌برداری برحسب min حجم هوای عبوری از دستگاه در مدت نمونه‌برداری باتوجه به فشار و دمای محیط و فشار و دمای استاندارد با استفاده از فرمول زیر تصحیح گردید $\frac{P.V}{T} = \frac{P_1.V_1}{T_1}$.

جهت تعیین میزان مواد آلی و معدنی موجود در TSP، سطح فیلتر به دو قسمت مساوی تقسیم شد. نیمی از فیلتر توزین و داخل یک بوته چینی قرار داده شد. بوته محتوی فیلتر در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. پس از خروج از کوره و خنک شدن در دسیکاتور، مجدداً فیلتر وزن گردید. اختلاف وزن ثانویه و اولیه در عدد ۲ ضرب گردید که مقدار حاصل میزان مواد آلی ذرات معلق است. اختلاف وزن TSP و بخش آلی آن، مقدار مواد معدنی TSP را

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-04-27]

نشان می‌دهد.

برای سنجش مقدار سرب نمونه‌ها، ۱/۴ فیلتر را هضم نموده محلول حاصل را از کاغذ صافی عبور دادیم و با آب مقطر به حجم ۵۰cc رسانده شد. محلول‌های استاندارد با استفاده از تیترازول و آب مقطر تهیه گردید و با استفاده از دستگاه جذب اتمی به روش شعله غلظت سرب نمونه‌ها تعیین شد.

داده‌های حاصله با استفاده از نرم افزار Excel تحلیل گردید.

نتایج

حداقل غلظت ۲۴ ساعته TSP درطول دوره نمونه‌گیری مربوط به فروردین ماه و برابر۹۱ میکروگرم بر متر مکعب بود. حداکثر غلظت ۲۴ ساعته TSP در طول دوره نمونه‌گیری مربوط به خرداد ماه و برابر ۴۶۰ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد. حداقل میانگین ماهیانه غلظت ۲۴ ساعتهTSP مربوط به فروردین ماه و برابر ۱۱۸ میکروگرم بر متر مکعب(پاک‌ترین ماه) و حداکثر میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP مربوط به مرداد ماه برابر ۳۳۳ میکروگرم بر متر مکعب(آلوده‌ترین ماه) تعیین گردید. میانگین غلظت‌های TSP در سه ماهه فصل بهار بالاتر از حداستاندارد(۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب) مشاهده نشد. در مورد سرب نیز حداقل غلظت در طول دوره نمونه‌گیری مربوط به فروردین ماه و برابر ۰/۰۰۲ میکروگرم بر متر مکعب و حداکثر آن مربوط به مرداد ماه و برابر ۰/۱۰۸ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد.

جدول ۱: حداکثر، حداقل و میانگین مقادیر روزانه TSP در طول دوره نمونه برداری با توجه به ماههای مختلف نمونه‌گیری

ردیف	ماه	حداکثر($\mu g/m^3$)	حداقل($\mu g/m^3$)	میانگین($\mu g/m^3$)
۱	فروردین	۱۵۳	۹۱	۱۱۸
۲	اردیبهشت	۲۶۰	۱۰۷	۱۹۳
۳	خرداد	۴۶۰	۱۳۳	۲۳۱
۴	تیر	۳۶۳	۱۸۸	۲۶۷
۵	مرداد	-	۲۰۶	۳۳۳

جدول ۲: حداکثر، حداقل و میانگین مقادیر روزانه سرب در طول دوره نمونه‌برداری با توجه به ماههای مختلف نمونه‌گیری

ردیف	ماه	حداکثر($\mu g/m^3$)	حداقل($\mu g/m^3$)	میانگین($\mu g/m^3$)
۱	فروردین	۰/۰۸۶	۰/۰۰۲	۰/۰۲۹۵
۲	اردیبهشت	۰/۰۷۸	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴
۳	خرداد	۰/۰۸۹	۰/۰۱۷	۰/۰۴۷
۴	تیر	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۴
۵	مرداد	۰/۱۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۷

بحث و نتیجه‌گیری

پدیده آلودگی هوا در مناطق شهری و صنعتی از مهمترین مشکلات زیست محیطی است که سلامت انسانها را تهدید می‌کند. از مهمترین این آلاینده‌ها، ذرات معلق هستند که به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب آن در هوا، ۱ تا ۳ درصد میزان مرگ و میر افزایش می‌یابد(۱۱). مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان آلودگی هوای شهر یزد با این آلاینده انجام گرفت. مقایسه میانگین غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق با استاندارد اولیه برای هوای پاک که حداکثر غلظت ۲۴ ساعته را ۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب(نباید بیش از یکبار در سال اتفاق بیفتد) در نظر گرفته است مؤید این واقعیت است که بعضاً غلظت ذرات معلق در شهر یزد بالاتر از حد مجاز است(۱۲). نتایج مطالعه مشابهی که توسط احرامپوش و امینی‌پور(۱۳۷۸) بر روی آلودگی هوا در شهر یزد انجام شد، بالا بودن ذرات معلق در این شهر را نشان می‌دهد که با میزان بارندگی کم و رطوبت پایین مرتبط است(۱۳).

با عنایت به اینکه حداقل غلظت ۲۴ ساعته TSP در طول دوره

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-04-27]

نمونه‌گیری مربوط به فروردین ماه و برابر ۹۱ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد. علت آن می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت‌های صنعتی، کاهش ترافیک و تردد وسائط نقلیه و مسافرت در ایام تعطیلات عید باشد. حداقل میانگین ماهیانه غلظت ۲۴ ساعته TSP مربوط به فروردین ماه و برابر ۱۱۸ میکروگرم بر متر مکعب(پاک‌ترین ماه) و حداکثر میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP مربوط به مرداد ماه برابر ۳۳۳ میکروگرم بر متر مکعب (آلوده‌ترین ماه) بود که این مقادیر وجود آلودگی هوا در فصل تابستان را تأیید می‌کند. (بر خلاف باور عموم که مشکل آلودگی هوا را بیشتر مربوط به فصول زمستان می‌دانند). میانگین غلظت‌های TSP در سه ماهه فصل بهار بالاتر از حد استاندارد(۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب) مشاهده نشد که می‌تواند به دلیل تعطیلات ماه فروردین، بالا بودن رطوبت نسبی و نیز ریزش‌های جوی در فصل بهار باشد. همچنین در طول ۵ ماه نمونه‌گیری در ۴۰٪ موارد غلظت TSP بالاتر از استاندارد بوده است. در مقاله‌ای هم که با عنوان بررسی وضعیت بهداشت محیط شهرستان یزد در سال ۱۳۷۶ انجام شده، حداکثرغلظت روزانه TSP ۴۷۲ میکروگرم بر متر مکعب و حداقل TSP ۱۸۰ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شده است(۶).

در تحقیقی که توسط Rogge و همکارانشان در رابطه با تعیین کلیه ترکیبات آلی در ذرات معلق حاصله از منابع آلاینده هوا انجام شده است مشخص شد که بیش از ۴۰۰ ترکیب آلی در ذرات معلق وجود دارد که از حدود ۱۸ منبع شهری منتشر می‌شود(۷). در این تحقیق میانگین کل درصد ماده آلی TSP در نمونه‌های مورد بررسی ۲۵/۳۱٪ و درصد مواد معدنی TSP برابر ۷۴/۶۸٪ می‌باشد. بر اساس بررسی دیگری که در شهر تهران انجام شد ۲۴٪ ذرات TSP را بخش آلی تشکیل می‌دهد(۱۴). از طرفی مقادیر سرب موجود در هوای منطقه مورد نمونه‌برداری بسیار پایین‌تر از حد مجاز(۱/۵ میکروگرم بر متر مکعب) بوده است که علت اصلی آن را می‌توان حذف سرب از بنزین به عنوان یکی از منابع اصلی سرب موجود در هوا دانست.

با توجه به نتایج فوق مشاهده می‌شود برخلاف تصور عمومی که مشکل آلودگی را بیشتر مربوط به فصل زمستان و شرایط اینورژن می‌دانند، در بسیاری از روزها در فصل تابستان نیز ممکن است مقادیر TSP از حد استاندارد تجاوز نمایدکه علت این امر می‌تواند در اثر عدم یا کمبود میزان بارندگی و رطوبت هوا باشد و این شرایط در شهر یزد به دلیل قرار گرفتن در منطقه گرم و خشک حاکم است. از سوی دیگر به دلیل گسترش شهر، رشد صنایع، عدم توجه کافی به مقوله ترافیک، در صورت عدم اقدام جدی و پیشگیرانه، در سالهای آتی شهر یزد نیز به شمار شهرهای آلوده ایران در این زمینه خواهد پیوست که می‌تواند مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی متعددی را در پی داشته باشد. لذا تدوین و اجرای یک برنامه دقیق و جامع به منظور کاهش آلاینده‌های هوا در شهر یزد امری ضروی و اجتناب ناپذیر می‌باشد.

منابع

۱- جواهرزاده محمود، نصیروسیس پریسا. ***تحقیق پیرامون پیامدهای تخریب لایه ازن برانسان و محیط زیست***. هفتمین همایش ملی بهداشت محیط، شهرکرد،۱۳۸۳.

۲- سلطانیان زاده زهرا. ***بررسی اجزاءذرات راسب درهوای شهر یزد***. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز،۸۵-۱۳۸۴.

3- Urban Air Pollution Unep،Gems Environment Library، NO.4، WHO Genev،1992. Availabe at www.who.org (accessed in 4 Jul 2007).

4- Hinds .william C. ***Aerosol technology***, john willy, 1982.

۵- غیاث الدین منصور.***آلودگی هوا***، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۳: ۸۰-۷۰.

٦- فدایی عبدالمجید، مصباح اشرف السادات، مصداقی نیاعلیرضا، ناصری سیمین. ***بررسی وضعیت بهداشت محیط شهرستان یزد درسال ۱۳۷٦***. هفتمین همایش ملی بهداشت محیط، شهرکرد،۱۳۸۳.

7- Rogge WF, Hildemann LM, Mazurek MA,

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-04-27]

Simoneit BR, Cass GR. ***Key Organic Compounds in Particulate Matter from Air Pollution Sources***. Research Note 1994;94(19):available at: www.arb.ca.gov/research/apr/past/a932-127a. pdf (Accessed in 13 Jul 2007).

۸- احدی سولماز، عقیلی محراب. ***ضوابط و مقررات مکانیابی و احداث ایستگاههای سنجش آلودگی هوا***. شرکت کنترل کیفیت هوای تهران: ۳۰-۲۵ .

9- Wassouf M, Basu I. ***Analysis of Total Suspended Particles (TSP) and Total Organic Carbon (TOC) in Air Samples***. School of Public and Environmental Affairs, 1995, 28.

۱۰- دلبری اعظم السادات، کدخدائی نرگس، نافذ امیرحسین. ***استراتژی تعیین ایستگاههای سنجش آلودگی هوا***، نهمین همایش کشوری بهداشت محیط، اصفهان، ۱۳۸۵.

۱۱- جمشیدی ارسلان، کریمزاده کامبیز، شیرازی علیرضا. ***بررسی میزان آلودگی ذرات معلق در هوای شهر گچساران در سال ۱۳۸٤***. مجله ارمغان دانش، دوره۱۲، شماره۲، تابستان۱۳۸۶: ۹۷-۹۰.

۱۲- سازمان حفاظت محیط زیست، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، انتشارات سازمان محیط زیست، ۱۳۷۷.

۱۳- احرام پوش محمد حسن، امینی پور محمدرضا. ***تعیین میزان برخی آلاینده های هوای شهر یزد***. مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، ۱۳۷۸، دوره هفتم، ضمیمه شماره دو:۳۱-۲۵.

۱٤- کرمانی مجید. ***بررسی مقادیر TSP و PM10 و ترکیب مواد تشکیل دهنده آنها در هوای محدوده بیمارستان شهید دکتر شریعتی تهران***. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۸۲-۱۳۸۱ : ۱۸۵-. ۱۸۰

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-04-27]