بررسی میزان پراکنش ذرات معلق ($PM_{2/5}$، PM_{10} و TSP) در ایستگاه‌های مرکزی اتوبوس شهری همدان و میزان مواجهه با آن‌ها

ادریس حسین‌زاده[1]، محمدرضا سمرقندی[2]، فرشید قربانی شهنا[3]، قدرت‌اله روشنایی[4]، جواد جعفری[5]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: هدف این مطالعه اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق کل، PM_{10} و $PM_{2/5}$ در هوای ایستگاه‌های اتوبوس موجود در میدان مرکزی شهر همدان بود. در نهایت نمایه توزیع غلظت ذرات در ایستگاه‌ها تهیه شد و مخاطرات آن‌ها برای سلامتی افردی که روزانه مدتی از وقت روزانه خویش را در این گونه محیط‌ها سپری می‌کند، ارزیابی گردید.

روش‌ها: این مطالعه به صورت مقطعی و توصیفی بود. نمونه‌برداری در ۶ ایستگاه و در مقاطع مختلف زمانی به صورت سیستماتیک مکانی-زمانی انجام شد. نمونه‌های هوا به وسیله یک سیستم نمونه‌برداری قابل حمل گرفته شد. نمونه‌برداری ذرات معلق Total suspended particles (TSP) و PM_{10} با دبی ۱۰ لیتر در دقیقه و در ارتفاع یک متری از سطح زمین انجام شد. برای اندازه‌گیری ذرات معلق $PM_{2/5}$ از سیستم نمونه‌برداری مجهز به سیکلون و دبی ۲ L/min استفاده شد. ذرات معلق جمع شده روی فیلتر استر سلولزی مخلوط وزن شد و به صورت غلظت میکروگرم در متر مکعب بیان شد. دما، درصد رطوبت و سرعت وزش باد در موضع نمونه‌برداری اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها ثبت شد. برای مقایسه غلظت ذرات معلق در ایستگاه‌های مختلف از روش One way ANOVA و برای تعیین رابطه بین متغیرها از ضریب همبستگی Pearson استفاده شد.

یافته‌ها: در طول نمونه‌برداری میانگین غلظت ذرات معلق کل، PM_{10} و $PM_{2/5}$ به ترتیب $\mu g/m^3$ ۱۴۱۸/۵۲ ± ۱۲۲۰/۹۴، ۲۱۷/۵۶ ± ۵۲۴/۷۹ و ۱۹۳/۶ ± ۳۸۶ بود. میانگین غلظت ذرات معلق کل، PM_{10} و $PM_{2/5}$ به ترتیب ۴/۷، ۷/۷۲ و ۱۶ برابر مقادیر استاندارد بود. میزان مواجهه به صورت میانگین وزنی زمانی برای این آلاینده‌ها به ترتیب ۵۰/۸۷۲، ۲۱/۸۷ و ۱۶/۰۸ $\mu g/m^3$ به دست آمد که از استانداردهای تعیین شده از سوی سازمان‌های معتبر پایین‌تر بود. بین ذرات معلق با سرعت وزش باد و دمای هوا ارتباط معنی‌داری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$)، اما با رطوبت ارتباط معنی‌دار وجود داشت ($P \leq ۰/۰۵$). همبستگی بین $PM_{2/5}$ و PM_{10} با ذرات معلق کل به ترتیب $r = ۰/۷۴$ و $r = ۰/۷۸$ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصل از این تحقیق بیانگر این است که افرادی که زمان قابل ملاحظه‌ای را در ایستگاه‌های اتوبوس شهری یا مکان‌های نزدیک به آن مستقر هستند، پتانسیل بالایی برای ابتلا به مشکلات بهداشتی دارند. به نظر می‌رسد که عابرین پیاده و افرادی که دارای مشاغل خیابانی هستند، به دلیل زمان تماس بیشتر نسبت به زمان نمونه‌برداری در این مطالعه، با مقادیر بالایی از ذرات معلق مواجهه باشند.

واژه‌های کلیدی: ذرات معلق، ایستگاه اتوبوس، میزان مواجهه، همدان

ارجاع: حسین‌زاده ادریس، سمرقندی محمدرضا، قربانی شهنا فرشید، روشنایی قدرت‌اله، جعفری جواد. **بررسی میزان پراکنش ذرات معلق ($PM_{2/5}$، PM_{10} و TSP) در ایستگاه‌های مرکزی اتوبوس شهری همدان و میزان مواجهه با آن‌ها.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۱؛ ۸ (۷): ۱۲۵۴-۱۲۴۵.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۱۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۸/۲۵

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: mr.samarghandy@umsha.ac.ir

۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۴- دانشیار، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۵- دانشجوی دکتری، گروه بهداشت محیط، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

مقدمه

در شرایط مدرن امروزی با گسترش بیش از حد شهرها و در نتیجه افزایش ترافیک ناشی از آن، مردم به استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی تشویق و ترغیب شدند (۱). در شهر همدان روزانه تعداد کثیری از مردم برای جابه‌جایی به نقاط مختلف شهری از اتوبوس‌های حمل و نقل داخل شهری استفاده می‌کنند. از این رو مسافران زمان قابل توجهی را در این ایستگاه‌ها به انتظار اتوبوس می‌گذراند. در نتیجه با آلاینده‌های اتمسفری چون ذرات معلق قابل استنشاق در تماس هستند. مواجهه با این نوع آلاینده‌ها منجر به ایجاد مخاطرات بهداشتی برای افراد در معرض تماس همچون مسافرین مستقر در ایستگاه، عابرین پیاده و افراد شاغل در اطراف خیابان می‌شود (۲). در برخی کشورها برای اندازه‌گیری و ارزیابی ذرات معلق در اماکن مربوط به ایستگاه‌های سیستم حمل و نقل عمومی تحقیقات میدانی انجام شده است؛ به گونه‌ای که در شهرهایی مانند نیویورک (۳)، لندن (۴)، برلین (۵)، استکهلم (۶)، هلسینکی فنلاند (۷)، توکیو (۸)، مکزیکوسیتی (۹)، گوانگژو (۱۰) و سئول (۱) میزان ذرات قابل استنشاق در ایستگاه‌های قطار شهری بررسی شده است. تحقیق‌های اندکی برای بررسی غلظت ذرات قابل استنشاق در ایستگاه‌های اتوبوس شهری انجام شده است که می‌توان به تحقیق‌های انجام شده در کنیا (۱۱) و مالزی (۱۲) اشاره کرد.

در اندازه‌گیری ذرات معلق موجود در هوا می‌بایست مکان اندازه‌گیری متأثر از منابع آلاینده خاص نباشد، اما در مواجهه فردی، هوای محدوده تنفسی فرد جهت بررسی میزان آلاینده‌های قابل استنشاق بررسی می‌شود (۱۳). از این رو اثرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا به وسیله میزان مواجهه فردی نسبت به حالتی که در آن هوای آزاد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بهتر قابل بررسی است؛ چرا که در بررسی آلودگی هوای آزاد در اکثر موارد نمی‌توان مواجهه واقعی با آلاینده‌های هوا را نشان داد. واژه مواجهه فردی اشاره دارد به غلظت آلاینده در یک محیط مشخص که فرد در زمان مشخصی در آن به سر می‌برد.

ذرات معلق کل، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ازن به عنوان آلاینده‌های شاخص جهت بررسی کیفیت هوا شناخته می‌شوند. به جز ذرات معلق کل، دیگر آلاینده‌ها در فاز گازی قرار دارند. وجود ذرات معلق در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد به عنوان یکی از علل اصلی کیفیت نامناسب هوا در محدوده شهری در همه کشورها شناخته شده است؛ به طوری که در اکثر کلان شهرها غلظت ذرات معلق قابل استنشاق بالاتر از حد مجاز می‌باشد (۱۳, ۱). با توجه به منابع در دسترس تا به حال در شهر همدان یا دیگر شهرهای ایران برای اندازه‌گیری ذرات معلق قابل استنشاق در ایستگاه‌های اتوبوس شهری تحقیق میدانی اجرا شده یا در حال اجرا گزارش نشده است.

با توجه به این که اتوبوس‌های شهری که هنوز از گازوییل به عنوان سوخت استفاده می‌کنند (در زمان اجرای این تحقیق از ۲۲۴ اتوبوس شهری موجود حدود ۲۰۰ اتوبوس گازوئیلی و بقیه گازسوز بودند)، پیش‌بینی شد که غلظت ذرات معلق در ایستگاه‌های اتوبوس شهری بالا است و مسافرین با مقادیر بالایی از ذرات معلق مواجهه هستند. بر اساس تحقیق‌های گزارش شده تماس با ذرات معلق می‌تواند منجر به اختلالات تنفسی چون آسم، التهاب غشای مخاطی و برونشیت به ویژه در افراد حساس و مستعد گردد (۲). از این رو اندازه‌گیری میدانی ذرات معلق قابل استنشاق در ایستگاه‌های مرکزی مستقر در میدان اصلی شهر همدان یک امر ضروری است تا بر اساس یافته‌های این تحقیق برای جلوگیری از تماس با ذرات معلق قابل استنشاق و در نتیجه مخاطرات بهداشتی ناشی از آن برنامه صحیح مدیریتی طرح‌ریزی گردد.

روش‌ها

ناحیه مورد بررسی

ناحیه مورد بررسی این تحقیق، ایستگاه‌های اتوبوس شهری (خط واحد) مستقر در خیابان‌های منشعب از میدان مرکزی شهر همدان بود. میدان امام، میدان اصلی شهر است و حجم حمل و نقل، مراکز فروش و فعالیت‌های خیابانی در محدوده آن زیاد است. در نتیجه تعداد عابرین پیاده و مسافرین داخل شهری در این قسمت شهر بسیار بالاست. پایانه اتوبوس‌های

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

درون شهری در همدان وجود ندارد، بلکه ایستگاه‌های مرکزی در ابتدای خیابان‌های منشعب از این میدان مستقر شدند. به همین دلیل مکان‌های نمونه‌برداری به صورت شکل ۱ انتخاب گردید.

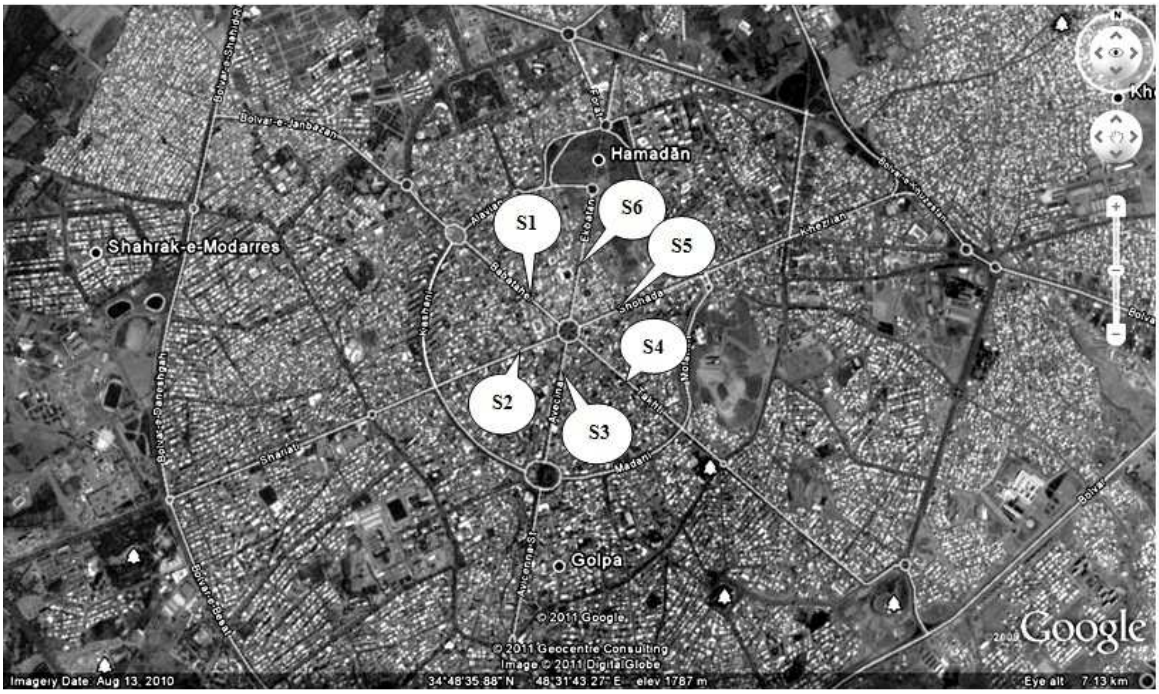
روش انجام کار

در این مطالعه مقطعی که به صورت توصیفی انجام شد، نمونه‌برداری به صورت سیستماتیک مکانی- زمانی انجام شد. در ابتدا زمان پیک مسافرین با توجه به مشاهدات میدانی و پرسش از بلیط فروش‌های مستقر در هر ایستگاه تعیین گردید. با توجه به عدم نمونه‌برداری همزمان در هر ۶ ایستگاه به دلیل محدودیت تعداد سیستم نمونه‌برداری، از روش سیستماتیک مکانی- زمانی برای غلبه بر این محدودیت استفاده گردید. نمونه‌برداری در همه روزهای هفته انجام شد (زمان و مکان نمونه‌برداری به صورت تصادفی با استفاده از جدول اعداد انتخاب شد). برای آنالیز آماری ابتدا با استفاده از آمار توصیفی به توصیف نتایج پرداخته شد. سپس برای مقایسه میزان غلظت در ایستگاه‌های مختلف از روش One way ANOVA استفاده شد. همچنین برای تعیین رابطه بین متغیرها از ضریب همبستگی Pearson استفاده شد و میزان معنی‌داری $P \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

روش اجرا

در ابتدا برای تعیین محدوده غلظت ذرات معلق و در نتیجه دبی نمونه‌برداری، چند پیش‌آزمون انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت ذرات از یک سیستم نمونه‌برداری قابل حمل و روش وزن‌سنجی استفاده گردید. برای نمونه‌برداری ذرات قابل استنشاق ۲/۵ میکرون از سیکلون فلزی (BGI Inc.,Waltham,MA) و دبی ۲ لیتر بر دقیقه و جهت حذف ذرات بزرگتر از $PM_{۲/۵}$ استفاده شد (۱۱). ذرات پس از گذر از سیکلون روی فیلتر جمع‌آوری شد. برای این که میزان مواجهه افراد با ذرات معلق قابل استنشاق سنجیده شود، ورودی سیکلون در ارتفاع تنفسی افراد ساکن در ایستگاه اتوبوس (ارتفاع یک متری از سطح زمین) قرار داده شد. همچنین به طور همزمان $PM_{۱۰}$ و کل ذرات با دبی ۱۰ لیتر بر دقیقه اندازه‌گیری شد.

مدت زمان نمونه‌برداری ۶۰ دقیقه انتخاب شد. فیلتر مورد استفاده درون یک فیلتر هولدر (نگهدارنده) پلاستیکی قرار



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری ذرات معلق در این تحقیق.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

داده شد. برای مکش هوا از پمپ کتابی (دیافراگمی) قابل حمل با قابلیت تنظیم دبی و شارژ مجدد (Skc Inc.) استفاده گردید. برای جلوگیری از بروز خطای نمونه‌برداری با استفاده از یک روتامتر (Skc Inc.) و زمان‌سنج، جریان پمپ قبل و بعد از هر سری نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های برداشت شده جهت تعیین مقدار ذرات معلق به آزمایشگاه آلودگی هوای دانشکده بهداشت منتقل گردید.

برای جذب رطوبت از سطح فیلتر که می‌توانست بر وزن فیلتر و گرد و غبار جمع شده روی آن تأثیرگذار باشد، فیلتر مربوطه (استر سلولزی مخلوط با قطر ۳۷ mm و اندازه تخلخل ۰/۸ میکرومتر) قبل و بعد از نمونه‌برداری برای مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار داده شد و سپس وزن گردید. غلظت ذرات با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد. در این رابطه C بیانگر غلظت ذرات معلق بر حسب میکروگرم بر متر مکعب، W_1 وزن اولیه فیلتر و W_2 وزن ثانویه فیلتر و V بر حسب m^3 حجم هوای عبوری است. حجم هوای عبوری با توجه به فشار، دمای محیط و فشار دمای استاندارد تصحیح گردید.

$$C = 10^6 \times \frac{W_2 - W_1}{V}$$

دما و رطوبت در موضع نمونه‌برداری با استفاده از ترمو-هیگرومتر دیجیتالی (Testoterm, Germany) و سرعت وزش باد با استفاده از آنمومتر (Utron, AM-۴۲۰۱) اندازه‌گیری شد. هر کدام ۳ بار در زمان نمونه‌برداری تکرار و متوسط آن‌ها ثبت شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار غلظت ذرات معلق قابل استنشاق PM۲/۵، PM۱۰، ذرات معلق کل (TSP یا Total suspended particles)، سرعت وزش باد، درجه حرارت و میزان رطوبت در طول نمونه‌برداری به شرح جدول ۱ می‌باشد. همان گونه که در جدول ۱ و نمودار ۱ ملاحظه می‌گردد، ۵ ایستگاه اتوبوس دارای میانگین PM۱۰ و TSP کمتر از میانگین کل به دست آمده طی تحقیق بودند. تنها یک ایستگاه (S۲) میانگین بیش از میانگین کل PM۱۰ داشت. برای ذرات معلق PM۲/۵ دو ایستگاه S۱ و S۲ دارای میانگین بیشتر از میانگین کل، سه ایستگاه دارای میانگین کمتر از میانگین کل و در یک ایستگاه مقدار به دست آمده برابر مقدار میانگین کل بود. همان طور که مشاهده می‌شود، میانگین همه اجزای ذرات معلق (TSP، PM۱۰ و PM۲/۵) در ایستگاه S۲ بیشتر از میانگین کل بود.

در این مطالعه میزان مواجهه با ذرات معلق قابل استنشاق با استفاده از مدل زیر بررسی شد (۱۳).

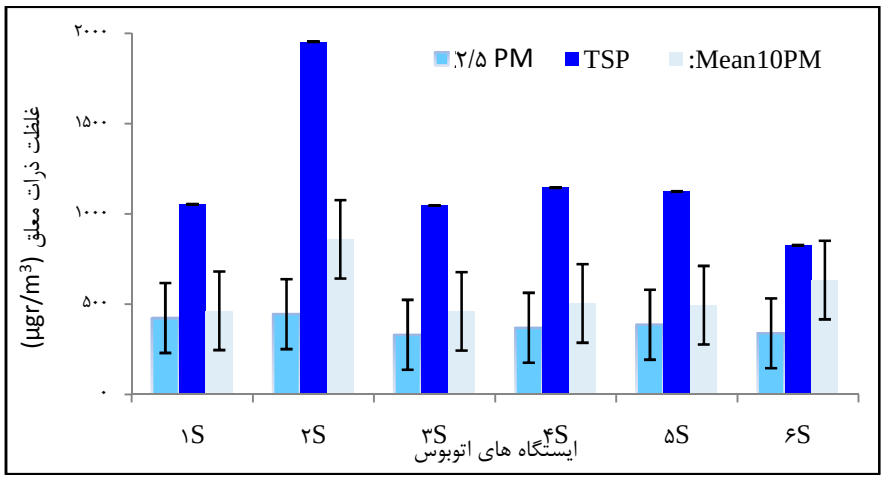
$$E_i = \sum_{k=1}^{m} \sum_{k=1} C_{ik} T_{ik}$$

در این رابطه Ei میزان مواجهه فردی µg-h/m3، Cik غلظت ذرات قابل استنشاق اندازه‌گیری شده در محیط مورد نظر و Tik مدت زمانی است که فرد در محیط مربوطه سپری می‌کند. میزان مواجهه فردی برای ذرات معلق کل، PM۱۰ و PM۲/۵ به ترتیب ۵۲۴/۷۹ µg-h/m3، ۱۲۲۰/۹۴ µg-h/m3

جدول ۱: نتایج کلی آمار توصیفی پارامترهای اندازه‌گیری شده

متغیر	آمار توصیفی	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر
رطوبت درصد		۳۰/۲۰ ± ۶/۰۱۰	۲۳/۰۰	۵۰/۰۰
سرعت وزش باد (m/s)		۱/۰۷ ± ۰/۸۶۰	۰/۰۰	۴/۰۰
درجه حرارت (0C)		۲۸/۶۰ ± ۵/۴۰۰	۱۶/۰۰	۳۶/۰۰
PM۲/۵ (µgr/m3)		۳۸۶/۰۰ ± ۱۹۳/۶۰۰	۰/۰۰	۸۴۵/۰۰
Total suspended particles (µgr/m3)		۱۲۲۰/۹۴ ± ۱۴۱۸/۵۲۳	۲۸۱/۰۰	۱۳۸۷۷/۰۰
PM۱۰ (µgr/m3)		۵۲۴/۷۹ ± ۲۱۷/۵۶۰	۳۶۴/۰۶	۸۶۰/۲۸

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

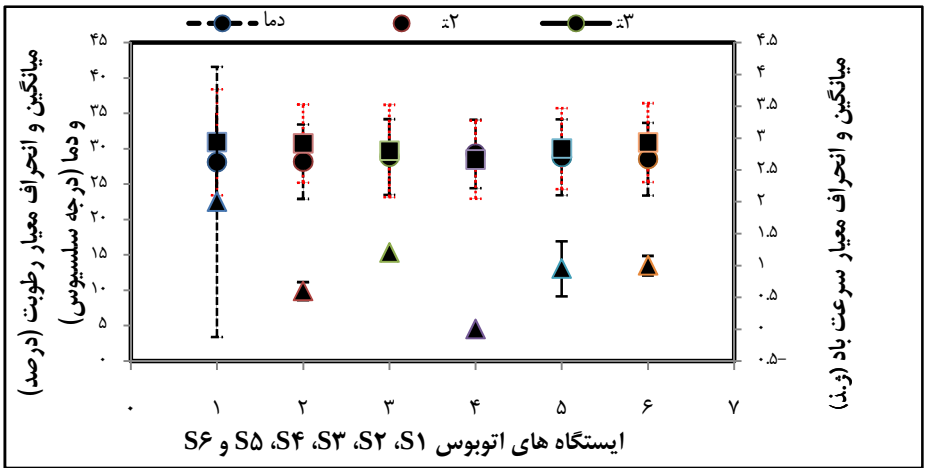


نمودار ۱: میانگین TSP (Total suspended particles)، PM۱۰ و PM۲/۵ به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری

۳۸۶ µg-h/m3 به دست آمد. بر اساس نمودار ۲ بیشترین درصد رطوبت، درجه حرارت و سرعت وزش باد در موضع نمونه‌برداری به ترتیب در ایستگاه ۱ (۵۰ درصد)، ۲ و ۶ (۳۶ درجه سلسیوس) و ۱ (۴ متر در ثانیه) وجود داشت.

سرعت وزش باد، رطوبت و دما و در نتیجه میزان پایداری شرایط اتمسفری عوامل مهم هواشناسی هستند که بر میزان پراکنش آلاینده‌های اتمسفری تأثیر دارند. ضریب همبستگی Pearson بین داده‌های به دست آمده بین دو پارامتر سرعت وزش باد و غلظت ذرات قابل استنشاق نشان داد که همبستگی معکوسی بین این دو متغیر وجود دارد ($r = -۰/۱$)، اما از لحاظ آماری این همبستگی معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$). همچنین همبستگی غلظت ذرات قابل استنشاق با رطوبت برابر ($r = -۰/۴$) بود و این همبستگی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۱$).

نتایج نشان داد که بیشترین غلظت ذرات معلق کل (TSP)، $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲/۵}$ همواره در ایستگاه S۲ بود. نتایج آنالیزهای آماری در خصوص مقایسه میانگین متغیرها در ۶ ایستگاه نمونه‌برداری نشان داد که میانگین پارامترهای مورد بررسی (رطوبت، سرعت باد، درجه حرارت و غلظت ذرات معلق) در ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری را با هم نشان نداند.



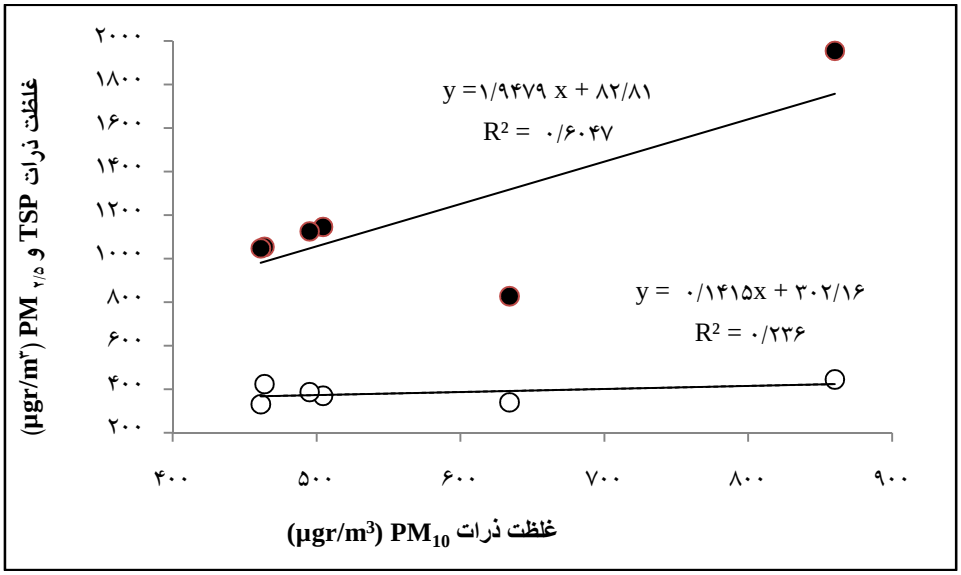
نمودار ۲: میانگین و انحراف معیار پارامترهای جوی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

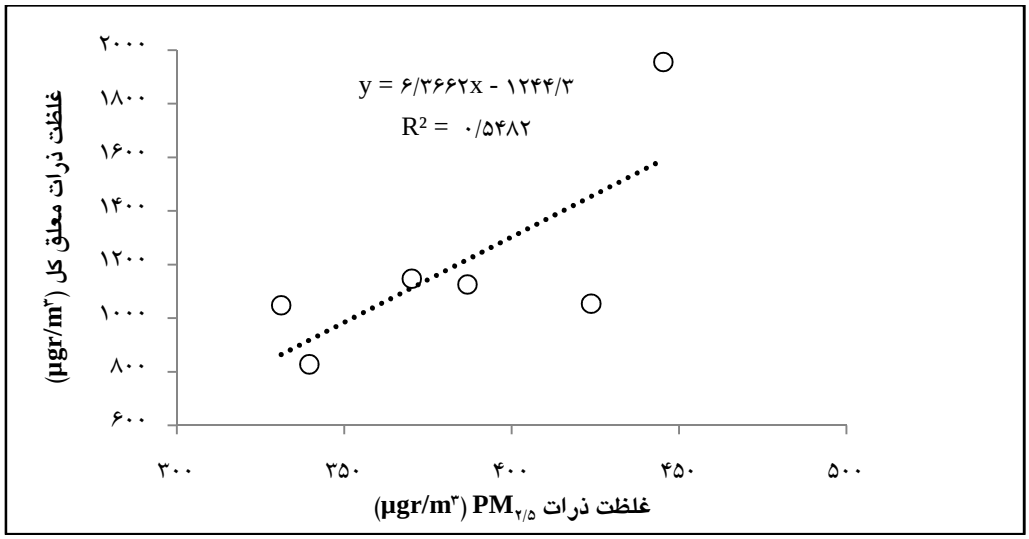
همبستگی بین PM۱۰ با ذرات معلق کل و PM۱۰ با PM۲/۵ به صورت گرافیکی بررسی شد. با توجه به نمودار ۳، بین PM۱۰ با PM۲/۵ همبستگی وجود داشت (r = ۰/۴۹). در واقع فقط ۲۳/۶ درصد از PM۱۰ بیانگر PM۲/۵ است، اما میزان همبستگی PM۱۰ با ذرات معلق کل به نسبت بالا بود (r = ۰/۷۸). همان طور که در نمودار ۴ قابل مشاهده است، ارتباط PM۲/۵ با ذرات معلق کل دارای همبستگی r = ۰/۷۴ است.

بحث

در مطالعه حاضر نسبت $PM_{۲/۵}$ به ذرات معلق کل، ۰/۳۳۷۱ به دست آمد. بنابراین ۳۳/۷۱ درصد ذرات معلق کل (TSP) در محدوده $PM_{۲/۵}$ قرار داشت. در مطالعه Kulkarni و Patil نسبت $PM_{۵}$ به ذرات معلق کل برابر ۰/۳۸۵ به دست آمد که



نمودار ۳: برازش مدل رگرسیونی بین PM۱۰ با PM۲/۵ و TSP (Total suspended particles)



نمودار ۴: برازش مدل رگرسیونی بین PM۲/۵ با TSP (Total suspended particles)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]
www.mui.ac.ir

با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱۳). با توجه به این که $PM_{۵}$ ذرات ۵ میکرون و کمتر را شامل می‌شود، پس قابل توجیه است که نسبت به دست آمده در مطالعه مذکور از نسبت به دست آمده در مطالعه حاضر کمی بزرگتر باشد. قطر ذرات معلق جمع‌آوری شده روی فیلتر در حالتی که از دستگاه نمونه‌بردار با حجم زیاد استفاده شود و برای بیان کیفیت هوای آزاد مورد استفاده قرار گیرد، ۱۰ میکرون یا کمتر است ($PM_{۱۰}$). با توجه به این که استاندارد ملی ایران بر اساس $PM_{۱۰}$ تدوین شده است، اندازه‌گیری $PM_{۲/۵}$ و $PM_{۱۰}$ ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه Brook و همکاران نشان داد که ۴۴ درصد ذرات معلق کل را $PM_{۱۰}$ تشکیل می‌دهد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۱۴).

میانگین ذرات معلق کل، $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲/۵}$ در طول مدت اندازه‌گیری به ترتیب ۱۲۲۰/۹۴، ۵۲۴/۷۹ و ۳۸۶ میکروگرم بر متر مکعب هوا بود. اگر غلظت ذرات معلق کل با حد مجاز استاندارد هوای آزاد (۲۶۰ میکرگرم بر متر مکعب) مقایسه شود، غلظت این آلاینده تقریبا ۴/۷ برابر حد مجاز بود و میانگین ذرات معلق $PM_{۱۰}$ حدود ۳/۵ برابر بالاتر از حد مجاز استاندارد بود ($۱۵۰\ \mu g/m^3$). میانگین ۲۴ ساعته ذرات معلق $PM_{۲/۵}$ از سوی سازمان بهداشت جهانی ($۵۰\ \mu g/m^3$) و استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده ($۲۴\ \mu g/m^3$) اعلام شد. در مطالعه حاضر میانگین غلظت ذرات معلق $PM_{۲/۵}$ تقریباً ۷/۷۲ برابر استاندارد سازمان بهداشت جهانی و ۱۶ برابر استاندارد سازمان محیط زیست ایالات متحده بود. با توجه به این که در مطالعه حاضر زمان نمونه‌برداری کمتر از ۲۴ ساعت بود، مستقیم نمی‌توان نتایج حاصل از این مطالعه را با رهنمون‌ها یا استانداردهای کیفیت هوای آزاد که بر اساس میانگین ۲۴ ساعته سالانه تدوین شدند، مقایسه نمود.

اگر داده‌های حاصل از این مطالعه بیانگر میزان مواجهه برای مسافرینی باشد که حداقل ۶۰ دقیقه از هر روز را در ایستگاه‌های اتوبوس یا به دلیل رفت و آمد و یا اشتغال در اطراف میدان مرکزی شهر به نحوی با ذرات معلق در تماس هستند. بنابراین باید میانگین وزنی- زمانی (TWA یا Time weighted average) برای آن‌ها محاسبه شود (۱۳، ۱۱). در این مطالعه میانگین وزنی- زمانی میزان مواجهه فردی برای ذرات معلق کل، $PM_{۱۰}$ و $PM_{۲/۵}$ به ترتیب ۵۰/۸۷۲، ۲۱/۸۷ و ۱۶/۰۸ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد. در این حالت مقادیر به دست آمده با میانگین ۲۴ ساعته ذرات معلق $PM_{۲/۵}$ از سوی سازمان بهداشت جهانی ($۵۰\ \mu g/m^3$) و استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده ($۲۴\ \mu g/m^3$) قابل مقایسه خواهد بود.

افرادی که برای مدت زمان طولانی‌تر از ۶۰ دقیقه در روز برای مسافرت با اتوبوس‌های خط واحد یا بنا به هر دلیلی در ایستگاه‌های اتوبوس به سر می‌برند، با مقادیر بالاتری از ذرات معلق مواجهه خواهند شد. اگر فرض شود که فرد بقیه روز را در محیطی فاقد از ذرات معلق سپری می‌کند، می‌توان گفت که میزان مواجهه فردی با ذرات معلق در محدوده مجاز و استاندارد اعلام شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی قرار دارد. اگر فرض شود که فرد مابقی روز (۲۳ ساعت) را در محیط با میانگین حداقل $۲۰\ \mu g/m^3$ از ذرات $PM_{۲/۵}$ سپری می‌کند (۱۱)، میزان مواجهه فردی او $۳۶/۲۵\ \mu g/m^3$ خواهد بود. این مقدار از استاندارد تعیین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده بیشتر و از استاندارد تعیین شده از سوی سازمان جهانی بهداشت کمتر خواهد بود.

در تحقیق انجام شده در کنیا متوسط غلظت $PM_{۲/۵}$ برابر ۴۱۴ میکروگرم بر متر مکعب و دامنه تغییرات آن ۳۹۷ تا ۴۳۱ میکروگرم بر متر مکعب بود (۱۱). در مطالعه Kulkarni و Patil میانگین ذرات معلق قابل استنشاق $PM_{۵}$ ۳۲۲ میکروگرم بر متر مکعب بود که به میانگین به دست آمده در این مطالعه بسیار نزدیک است (۱۳). در مطالعه Nerquaye-Tetteh غلظت ذرات معلق مکان‌های اطراف خیابان در محدوده ۱۲۰۰-۶۰۰ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شد (۱۵). نتایج در مطالعه جمشیدی و همکاران حاکی از وجود ارتباط خطی مستقیم بین درجه حرارت هوا و میزان غلظت ذرات معلق بود ($P \leq ۰/۰۰۱$). خشکی هوای منطقه، کمبود رطوبت هوا و بارندگی و درجه حرارت بالای هوا همراه

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

با وجود تأسیسات عظیم صنعتی در محدوده این شهر از عوامل بالقوه بالا بودن آلودگی هوا در شهر گچساران معرفی شد (۱۶).

در مطالعه حاضر تنها بین غلظت ذرات و رطوبت هوا ارتباط معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۱$)؛ یعنی با افزایش رطوبت میزان ذرات معلق قابل استنشاق کاهش می‌یافت. یکی از دلایل افزایش غلظت ذرات در هوا پراکنده شدن مجدد ذرات ته‌نشین شده روی سطوح است (۱۱). بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که در هوای مرطوب نسبت به وضعیت آفتابی و با رطوبت کمتر انتشار مجدد ذرات قابل استنشاق از سطح زمین کاهش می‌یابد. همچنین ته‌نشینی بیشتر ذرات معلق در هوا به دلیل سنگین‌تر شدن در اثر جذب رطوبت اتفاق می‌افتد (۱۸، ۱۷). مطالعه‌ها نشان دادند که غلظت ذرات معلق در ارتفاع ۵-۳ متری که برای اندازه‌گیری متوسط ذرات هوا استفاده می‌شود با متوسط ذرات معلق در محدوده تنفسی متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد که غلظت ذرات معلق در محدوده‌ی تنفسی تا ۲۰ برابر بیشتر از ذرات موجود در هوای با ارتفاع ۵-۳ متری است (۱۹، ۱۱). بنابراین ضروری است که به مواجهه با ذرات معلق موجود در ایستگاه‌های اتوبوس شرکت واحد به عنوان یک منبع مهم مواجهه افراد با مقادیر بالای این نوع آلاینده توجه شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این تحقیق اهمیت نقش وسایط نقلیه در انتشار ذرات معلق قابل استنشاق در شهر همدان را نشان داد. از این رو با توجه به اثرات بهداشتی ذرات معلق، افرادی که بخشی از اوقات روزانه خود را در خیابان‌ها صرف می‌کنند، می‌توانند از نظر بروز برخی بیماری‌های سیستم تنفسی آسیب‌پذیرتر باشند. اگرچه این مطالعه و دیگر تحقیق‌های انجام شده در دیگر کشورها بر اهمیت انتشار ذرات معلق قابل استنشاق از وسایط نقلیه تأکید دارد، ولی تا به حال هیچ‌گونه مطالعه‌ای گزارش نشده است که به طور جامع به ارزیابی مکانی- زمانی منابع منتشرکننده ذرات معلق قابل استنشاق در مناطق شهری بپردازد. بنابراین مطالعه‌های بیشتری در رابطه با عوامل مؤثر و مرتبط با علل بالا بودن ذرات معلق قابل استنشاق در ایستگاه‌های اتوبوس شهری مورد نیاز است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است. نویسندگان این مقاله بدین وسیله از مرکز پژوهش دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی همدان به خاطر حمایت مادی و همچنین مسؤولین محترم آزمایشگاه آلودگی هوای دانشکده بهداشت سرکار خانم کرمی تشکر می‌کنند.

References

1. Hoseinzadeh E, Samarghandi MR, Ghorbani Shahna F, Chavoshi E. Isoconcentration mapping of particulate matter in Hamedan intercity bus stations. Water and Environment Journal 2012; 27(4). [In Press].
2. Chung W, Chen Q, Osammor O, Nolan A, Zhang X, Sharifi VN, et al. Characterisation of particulate matter on the receptor level in a city environment. Environ Monit Assess 2012; 184(3): 1471-86.
3. Chillrud SN, Epstein D, Ross JM, Sax SN, Pederson D, Spengler JD, et al. Elevated airborne exposures of teenagers to manganese, chromium, and iron from steel dust and New York City's subway system. Environ Sci Technol 2004; 38(3): 732-7.
4. Adams HS, Nieuwenhuijsen MJ, Colvile RN. Determinants of fine particle (PM2.5) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK. Atmospheric Environment 2001; 35(27): 4557-66.
5. Fromme H, Oddoy A, Piloty M, Krause M, Lahrz T. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and diesel engine emission (elemental carbon) inside a car and a subway train. Sci Total Environ 1998; 217(1-2): 165-73.
6. Johansson C, Johansson PA. Particulate matter in the underground of Stockholm. Atmospheric Environment 2003; 37(1): 3-9.
7. Aarnio P, Yli-Tuomi T, Kousa A, Makela T, Hirsikko A, Hameri K, et al. The concentrations and composition of and exposure to fine particles (PM2.5) in the Helsinki subway system. Atmospheric Environment 2005; 39(28): 5059-66.
8. Furuya K, Kudo Y, Okinaga K, Yamuki M, Takahashi S, Araki Y, et al. Seasonal variation and their characterization of suspended particulate matter in the air of subway stations. Journal of Trace and Microprobe

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

Techniques 2001; 19(4): 469-85.
9. Gomez-Perales JE, Colvile RN, Nieuwenhuijsen MJ, Fernandez-Bremauntz A, Gutierrez-Avedoy VJ, Paramo-Figueroa VH, et al. Commuters exposure to PM2.5, CO, and benzene in public transport in the metropolitan area of Mexico City. Atmospheric Environment 2004; 38(8): 1219-29.
10. Chan LY, Lau WL, Zou SC, Cao ZX, Lai SC. Exposure level of carbon monoxide and respirable suspended particulate in public transportation modes while commuting in urban area of Guangzhou, China. Atmospheric Environment 2002; 36(38): 5831-40.
11. Vanvliet ED, Kinney P. Impacts of roadway emissions on urban particulate matter concentrations in sub-Saharan Africa: new evidence from Nairobi, Kenya. Environ Res Lett 2007; 2(4): 28-33.
12. Razif M, Adib A. Particulate matter concentration at the intercity bus station of Surabaya, Indonesia. Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation 2006; 1: 31-5.
13. Kulkarni MM, Patil RS. Monitoring of Daily Integrated Exposure of Outdoor Workers to Respirable Particulate Matter in an Urban Region of India. Environmental Monitoring and Assessment 1999; 56(2): 129-46.
14. Brook JR Dann TF, Burnett RT. The relationship among TSP, PM10, PM2.5, and inorganic constituents of atmospheric particulate matter at multiple Canadian locations. Journal of the Air & Waste Management Association 1997; 47(1): 2-19.
15. Nerquaye-Tetteh E. Air Quality Monitoring Capacity Building Project in Accra- Case Study. EPA, GHANA [Online]. 2006; Available from: URL: www.unep.org/pcfv/Health_Study/
16. Jamshidi A, Karimzadeh K, Raigan Shirazi AR. Particulate Air Pollution Concentration in the City of Gachsaran, 2005-2006. Armaghan Danesh 2007; 12(2): 89-97. [In Persian].
17. Int Panis L, de Geus B, Vandenbulcke G, Willems H, Degraeuwe B, Bleux N, et al. Exposure to particulate matter in traffic: A comparison of cyclists and car passengers. Atmospheric Environment 2010; 44(19): 2263-70.
18. Begum BA, Biswas SK, Hopke PK. Temporal variations and spatial distribution of ambient $PM_{2.5}$ and PM_{10} concentrations in Dhaka, Bangladesh. Journal of Science of the Total Environment 2006; 658: 36-43.
19. Athar M, Ali M, Khan MA. Gaseous and particulate emissions from thermal power plants operating on different technologies. Environ Monit Assess 2010; 166(1-4): 625-39.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]

Rate of Suspended Particulate Distribution ($PM_{2.5}$, PM_{10} and TSP) in Hamadan Main Intercity Bus Stations and Its Exposure Rate

Edris Hoseinzadeh[1], Mohammad Reza Samarghandy[2], Farshid Ghorbani Shahna[3], Ghodratollah Roshanaei[4], Javad Jafari[5]

Original Article

Abstract

Background: The objective of this study was to measure the total suspended particulate (TSP), PM_{10} and $PM_{2.5}$ air particulates in the selected intercity bus stations located in the central square of Hamadan, to review the distribution concentration of the air particulates content and to evaluate its possible health risk to the people who spent little time of their daily time in those places.

Methods: This was a descriptive and cross-sectional study. Sampling was done systematically in six bus stations at different time intervals. A portable air sampler, sampled air at 10 liters per minute for suspended particulates (TSP and PM_{10}) measured at 1 meter height above the ground. For measuring $PM_{2.5}$ after the cyclone, fine particles were collected at a flow rate of 2 liters per minute onto a filter. The suspended particulate was collected on 47 mm mixed cellulose ester (MCE) membrane filters, which must be weighed pre and post-exposure to determine the concentrations in micrograms/cubic meter. Temperature, humidity and wind speed was measured at the sampling locations, and their averages were recorded. To analyze the data, we used statistical analysis Pearson correlation coefficient using SPSS software to study the correlation between the concentration variation of the particulate distribution and humidity, temperature and wind speed as well.

Findings: The results obtained for TSP, PM_{10} and $PM_{2.5}$ during the sampling period were 1220.9 ± 1418.5, 524.7 ± 217.5 and 386 ± 193.6 $\mu g/m^3$, respectively. Exposure to these pollutants as time weighted average were 50.872, 21.87 and 16.08 $\mu g/m^3$, respectively that were lower than the standards set by the accredited organizations. There was no significant relationship between the concentration variation of the suspended particulate and wind speed and air temperature ($P > 0.05$); however, there was a significant relationship between the concentration variation of the suspended particulate and humidity ($P < 0.05$). $PM_{2.5}$ and PM_{10} with total suspended particles had correlation coefficient of $r^2 = 0.74$ and $r^2 = 0.78$, respectively.

Conclusion: Results of this study illustrated that there were particular concerns regarding potential human health impacts for people who spend considerable time at intercity bus stations or close to them. Pedestrians and unofficial business employees are expected to be exposed to high concentrations of suspended particulate pollution because of longer contact time that applied in this study.

Key words: Suspended Particulate Matter, Intercity Bus station, Exposure, Hamadan

Citation: Hoseinzadeh E, Samarghandy MR, Ghorbani Shahna F, Roshanaei Gh, Jafari J. **Rate of Suspended Particulate Distribution ($PM_{2.5}$, PM_{10} and TSP) in Hamadan Main Intercity Bus Stations and Its Exposure Rate.** J Health Syst Res 2013; 8(7): 1245-54.

Received date: 02/08/2012 Accept date: 25/11/2012

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Nutrition Health Research Center, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
2- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran (Corresponding Author) Email: mr.samarghandy@umsha.ac.ir
3- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
4- Associate Professor, Department of Biostatistics, School of Public Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
5- PhD Candidate, Department of Environmental Health Engineering, School of Medicine, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-13]