مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۱۳۷ تا ۱۴۸

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی سطح ذرات معلق (PM) و تراز صوتی در پایانه‌های زیرزمینی-پارک‌سوار مجلسی اصفهان

آزاده توکلی*
گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰
تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۸
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: ذرات معلق، تراز صوت، ترمینال، زیرزمین

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
atavakoli@znu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: تجمع آلاینده‌ها و تراز صوتی از نگرانی‌های حوزه سلامت کلان‌شهرها است. در تونل‌ها، ایستگاه‌های زیرزمینی و اماکن محصور، عدم تهویه کافی و انعکاس و بازتاب صوت منجر به تجمع آلاینده‌ها و آلودگی صوتی می‌شود.

روش بررسی: پژوهش حاضر به ارزیابی ذرات معلق و تراز صوتی در پارک‌سوار مجلسی اصفهان پرداخته است. نمونه برداری در بهار و تابستان، هر بار در شش روز کاری، دو نوبت پیک ترافیک صبح و عصر انجام گرفته و تاثیر ناشی از راه‌اندازی خطوط BRT مورد ارزیابی قرار گرفته است. از پمپ نمونه بردار SKC و دستگاه ترازسنج صوتی KIMO در ارزیابی سطح ذرات معلق و تراز صوتی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد راه اندازی BRT، باعث تغییر غلظت میانگین ذرات معلق از ۸۵/۱۷ به ۵۳/۵۸ $\mu g/m^3$ (کاهش ۳۷ درصد) در محوطه ترمینال شده است. همچنین میانگین تراز صوتی تابستان (۷۸/۳۴ dB) بالاتر از بهار (۷۶/۲۳ dB) بود. غلظت ذرات معلق و تراز صوتی در هر دو نمونه برداری بالاتر از استانداردهای EPA و رهنمودهای WHO است. ذرات معلق و تراز صوت، تابعی از تردد خودروها و در روزهای مختلف متغیر است. پنجشنبه‌ها و روزهای بعد از تعطیلات بالاترین مقادیر را تجربه می‌کنند. به‌دلیل تردد بیشتر و تجمع آلودگی، بعد از ظهرها در مقایسه با ساعات پیک صبحگاهی، غلظت ذرات و تراز صوت بالاتر است.

نتیجه‌گیری: جریان طبیعی هوا تاثیر قابل توجهی در کاهش غلظت آلاینده‌ها دارد. مطالعات موید آن است که محیط‌های بسته و زیرزمینی، به‌علت نیاز به تهویه مکانیکی و عدم تبادل هوای کافی با محیط و انعکاس صوت گزینه‌های مناسبی برای انتخاب به‌عنوان پارکینگ یا ترمینال نیستند.

Please cite this article as: Tavakoli A. Evaluation of particulate matter (PM) and noise levels in underground terminals-Majlesi terminal of Isfahan. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):137-48.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

مقدمه

در طی سال‌های اخیر آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مهمترین معضلات شهری در کلان شهرها مورد توجه قرار گرفته است. شهرهای بزرگ به‌واسطه دسترسی به امکانات بیشتر و فرصت‌های شغلی بهتر به مکانی برای مهاجرت و تجمع جوامع انسانی تبدیل شده است. این تجمع با گسترش ابعاد شهرها و نیاز به طی فواصل طولانی برای رفع نیازهای روزانه و دسترسی به محل کار، تحصیل و خرید همراه شده است. حمل و نقل شهری و تردد خودروها از اصلی‌ترین عوامل انتشار آلاینده‌های هوا به شمار می‌رود (۳-۱). ناوگان اتوبوس‌های شهری به‌علت عدم نیاز به ساختارهای ویژه عمرانی از قبیل خطوط ریلی، تونل، معابر مجزا و دیگر موارد انگیزه زیادی برای سرمایه‌گذاری و توسعه در شهرهای کوچک و بزرگ ایجاد کرده است. مهمترین آلاینده‌هایی که از خودروها انتشار می‌یابد منوکسید کربن (CO)، اکسیدهای گوگرد (SO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، ذرات معلق (PM) و هیدورکربن‌های نسوخته (HC) است که براساس نوع سوخت مصرفی و تجهیزات کنترلی موجود در خودرو مقادیر انتشار متفاوت خواهد بود. آلاینده‌های هوا پس از انتشار از منبع آلودگی براساس سه مکانیزم دچار پخش و پراکنش می‌شوند و از این طریق غلظت آلاینده‌ها در محیط کاهش می‌یابد. در بسیاری موارد عدم تهویه مناسب و کافی باعث اختلال در فرایند طبیعی پراکنش آلاینده‌ها می‌شود و افراد حاضر در محیط، براساس مدت زمان حضور، با غلظت‌های بالایی از آلودگی مواجه می‌شوند. محیط‌های بسته و محیط‌هایی که به واسطه محصور شدن از طرفین امکان تبادل هوا و تهویه کافی ندارند، از جمله مواردی هستند که معضل آلودگی هوا و تهدید سلامت افراد باید با دقت بیشتری در این موارد دنبال شود. تونل‌ها، پمپ بنزین‌ها و معابر زیرگذر شهری علیرغم تماس با محیط‌های باز و آزاد شهری به‌علت عدم دسترسی به نرخ قابل قبول تهویه طبیعی، در صورتی‌که سیستم‌های تهویه مکانیکی با راندمان مناسب نتوانند جریان هوا را به داخل این محیط‌ها هدایت کند، با معضلات جدی آلودگی هوا و تجمع آلاینده‌ها مواجه خواهند بود. تحقیقات گسترده‌ای به ارزیابی وضعیت آلودگی در محیط‌های محصور پرداخته است. در پژوهشی که توسط Gendron-Carrier و همکاران صورت گرفت به بهبود کیفیت هوا در سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل از جمله مترو شهری پرداخته شد و نه تنها بر ارزیابی اقتصادی، بلکه بهبود کیفیت هوا به‌واسطه احداث سیستم‌های مترو تاکید شد (۴). ارزیابی سطح انواع مختلف ذرات معلق اعم از TSP، PM_{10} و $PM_{2.5}$ در خط یک مترو تهران توسط Kermani و همکاران در سال ۲۰۱۶ نشان داد غلظت ذرات معلق در ایستگاه‌های زیرزمینی در مقایسه با ایستگاه‌های سطحی به‌مراتب بالاتر است و ارتباط مستقیمی میان تعداد مسافران با سطح ذرات معلق محیطی وجود دارد (۵). در مطالعه مترو سه شهر اروپایی بارسلونای اسپانیا، آتن یونان و اُپورتو پرتغال که در سال ۲۰۱۶ توسط Martins و همکاران انجام شد، مشاهده شد مقادیر مختلفی از غلظت ذرات در ایستگاه‌های مترو قابل انتظار است. عناصر آهن، کربن، ترکیبات معدنی ثانویه، سولفات نامحلول، هالیت و فلزات سنگین مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده ذرات معلق $PM_{2.5}$ در متروهای زیرزمینی هستند (۶). Martins و همکاران در سال ۲۰۱۵ با مطالعه سیستم متروی بارسلونای اسپانیا به ارزیابی غلظت ذرات معلق در محیط مترو نسبت به محیط‌های باز پرداختند. همچنین ارزیابی سطح این آلاینده در فصول مختلف سال، مقایسه سطح آلودگی در سامانه‌های جدید نسبت به سامانه‌های قدیمی، تاثیر عملکرد سیستم‌های تهویه بر کاهش آلودگی هوای مترو و میزان مواجه راننده واگن‌ها با ذرات معلق بخش‌های مختلف این پژوهش را تشکیل می‌دهد (۷). در ادامه این پژوهش، Moreno و همکاران در سال ۲۰۱۵ به مطالعه ذرات معلق با سایز نانو و ترکیب فلزی در متروی بارسلونا پرداختند و با تحلیل منشاء این ذرات به نقش کلیدی فرایندهای مکانیکی از قبیل اندرکنش ریل‌ها و ترمزها در این باره اشاره کردند (۸). ارزیابی غلظت ذرات معلق در مترو سطحی و زیرزمینی لس‌آنجلس در طی ماه‌های می تا آگوست سال ۲۰۱۰ عنوان پژوهش دیگری است که توسط Kam و همکاران صورت گرفت (۹). ارزیابی این پژوهشگران نشان داد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

اســتفاده از سیستم‌های پیشــرفته ترمز و تهویه در این سامانه باعث شــده اســت غلظت آلاینده‌ها در مقایســه با بســیاری از سامانه‌های مترو در دیگر نقاط به مراتب پایین‌تر باشد. به‌علاوه، داده‌های بدست آمده در بخش‌های مختلف سیستم مترو نشان داد بخــش اصلــی ذرات معلق موجود در داخــل مترو از طریق ایســتگاه‌ها وارد می‌شود. در کشور ایران نیز مطالعات محدودی به ارزیابی کیفیت هوا در محیط‌های بســته و کم‌تهویه شــهری از قبیل متروها و تونل‌ها پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق سایز µm ۲/۵ در ۲۴ ایستگاه مترو تهران در پاییز و زمســتان سال ۲۰۱۲ موضوع مطالعه‌ای است که توسط Motesaddi Zarandi و همــکاران انجام شــد و نشــان داد غلظت این آلاینده در ایســتگاه‌های زیرزمینی به ترتیب دارای بیشــینه، میانگین و کمینه معادل $\mu g/m^3$ ۹۹، ۳۹ و ۸ اســت که مقادیر گزارش شــده از اســتانداردهای ارائه شــده EPA و DOE بالاتر اســت (۱۰). در ارزیابی دیگری توسط Hoseini و همکاران در ســال ۲۰۱۳ پیرامون توزیع و مقدار ذرات معلق قارچی در مترو تهران، پنســیلیوم (با ۳۴/۸۸ درصد) و آلترناریا (بــا ۲۹/۳۳ درصــد) را غالب‌ترین نمونه‌هــای قارچی در هوای محیط داخل مترو تهران گزارش کرده‌اند (۱۱). مطالعه مشابهی از دیدگاه باکتریایی و قارچی در مترو تهران توســط Naddafi و همکاران در ســال ۲۰۱۱ نشــان داد که غلظت باکتری‌ها در ایستگاه‌های منتخب در محدوده CFU/m^3 ۱۵۰۱-۳۵ و برای قارچ‌ها در محدوده CFU/m^3 ۱۴۰۲-۲۱ بدست آمد. شلوغی و ازدحام جمعیت علت اصلی غلظت بالای میکروبی (باکتریایی و قارچی) در مترو تهران گزارش شــده است (۱۲). مطالعه انواع روش‌های فیلتراســیون در سیســتم‌های تهویه مترو در کشور ایران نشان می‌دهد که فیلترهای قابل شستشو یا قابل احیا هم از نظر اقتصادی و هم از نظر کنترل کیفیت هوای محیط داخل مترو مناســب هســتند و با راندمان قابل قبولی در حذف ذرات معلق عمل می‌کند (۱۳).

توسعه و مکان‌یابی سیستم‌های حمل و نقل با هدف روان‌سازی ترافیک شــهری و بهبود کیفیت هوا در بسیاری از کلان شهرها مورد توجه مسئولان اســت. با این رویکرد پژوهش حاضر یکی از پایانه‌هــای اتوبوســرانی زیرزمینی در شــهر اصفهــان (پایانه مجلســی) را مورد توجه قرار داده اســت. پایانــه مذکور از نظر موقعیت قرارگیری به گونه‌ای اســت که امکان تهویه و پراکنش آلاینده‌ها به‌صورت مناســب وجــود ندارد و این مســئله باعث تجمع آلودگی در محیط پایانه می‌شــود. در ماه‌های اخیر و در پی راه‌اندازی خطــوط BRT، تعداد اتوبوس‌های عبوری از این پایانه کاهش و مســافران کمتــری در مواجه با آلودگی‌های این محیط قرار می‌گیرند. این مطالعه به ارزیابی ســطح ذرات معلق و تراز صوتی ایــن پایانه، قبل و بعد از راه‌اندازی خطوط BRT پرداخته اســت تــا تاثیر این اقدام را در بهبود و کاهش ســطح آلودگــی محیط پایانه مورد ارزیابی قــرار دهد. همچنین الگوی تغییــرات غلظت ذرات معلق و تراز صوتــی در روزهای مختلف هفتــه، تعطیلات میان هفتــه، بازه‌های زمانی صبح و عصر و در نهایت میزان مواجه افراد در رده‌های سنی مختلف با این سطح از آلایندگی را مورد توجه قرار داده است.

مواد و روش‌ها

اصفهان سومین کلان‌شهر ایران، بعد از تهران و مشهد، از نقطه نظر جمعیت و مساحت است. براساس آخرین سرشماری رسمی سال ۱۳۹۵، استان اصفهان دارای جمعیتی معادل ۵۱۲۰۸۵۰ نفــر که از ایــن میان حدود ۵۱ درصد مــرد و ۴۹ درصد را زن تشــکیل می‌دهد. شــهر اصفهان با دارا بودن ۷۰۷۸۷۰ خانوار، جمعیتــی معــادل ۲۲۴۳۲۴۹ نفر را در خود جای داده اســت (۱۴). شــرکت واحــد اتوبوســرانی اصفهان و حومــه با بیش از ۲۰۰۰ km طول شــبکه اکنــون به‌عنوان تنها ســامانه حمل‌و نقل عمومی شــهر اصفهان وظیفه جابجایی حــدود ۹۵۰ هزار نفر مســافر در روز را برعهده دارد و انتظار می رود در سال‌های آتی، بخشــی از این مسئولیت با گسترش و تکمیل قطار شهری کاهش یابد. براســاس شبکه حمل و نقل عمومی یکپارچه شهر اصفهان قرار اســت تا ســال ۱۴۰۰ بیش از ۵۵ درصد سفرهای شهری اصفهان با استفاده از حمل‌و نقل عمومی انجام شود.

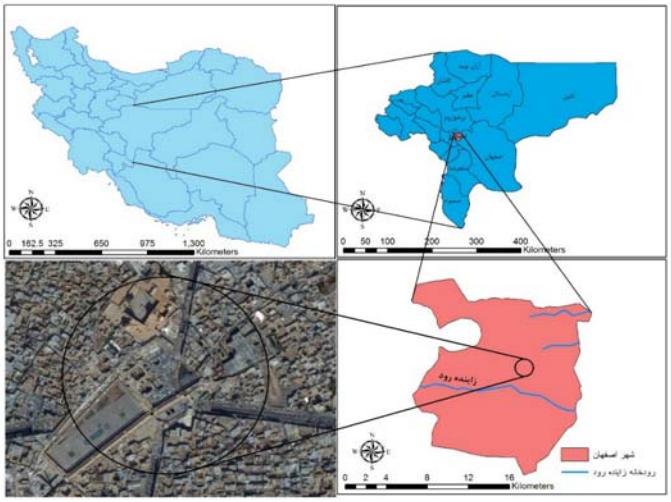
میدان امام علی (ع) میدانی واقع در مرکز شــهر اصفهان اســت کــه در مرداد ماه ســال ۱۳۹۲ از احیاء میدان عتیق با مســجد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

جامع ایجاد و از چهار فضای اصلی شامل مجموعه میدان اصلی، جلوخان مسجد جامع، مجموعه زیرگذرها و پارکینگ و قطعات بلافصل پیرامون میدان تشکیل شده است و در حال حاضر فاز اول آن یعنی زیرگذرها، میدان ترافیکی و پارک‌سوار مجلسی به مرحله بهره‌برداری رسیده است. میدان امام علی (ع) به‌علت قرار گرفتن در چهار محور اصلی شهر اصفهان یعنی خیابان‌های ولی‌عصر (عج)، هاتف، عبدالرزاق و مسجد جامع یکی از مناطق مهم و پر رفت و آمد شهر اصفهان محسوب می‌شود. شکل ۱ به موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه پرداخته است. پارک‌سوار مجلسی با حدود m^2 ۳۰۰۰ زیربنا و دارا بودن تاسیساتی از قبیل آتش‌نشانی، سیستم دفع آب‌های سطحی، نورپردازی محوطه و دو دستگاه پله برقی بخشی از پروژه احیای میدان امام علی (ع) به‌شمار می‌رود و در طبقه زیرین میدان و به‌عنوان پایانه برخی اتوبوس‌های درون شهری اختصاص یافته است. از زمان افتتاح این پروژه خطوط اتوبوسرانی شماره ۴۷ (تالار-آذربیگدلی)، ۵۲ (خواجه عمید)، ۵۳ (کردآباد) و ۷۱ (ارغوانیه-پینارت) از این پارک‌سوار به‌عنوان پایانه و مبداء خط استفاده می‌کردند. مجاورت پارک‌سوار مجلسی با گذرگاه‌های عبوری زیر میدان و تردد تعداد زیادی خودرو از این مسیر باعث تولید و انتقال مقادیر زیادی آلاینده‌های هوا به محیط پارک‌سوار می‌شود. از طرفی اتوبوس‌های شهری که برای سوار و پیاده‌کردن مسافر در این پارک‌سوار استقرار می‌یابند در افزایش سطح آلودگی آن تاثیر بسزایی دارند. جانمایی این پارک‌سوار به‌گونه‌ای انجام شده است که باعث تجمع و به‌دام افتادگی مقادیر زیادی از آلاینده‌های هوا به ویژه ذرات معلق خواهد شد و رانندگان یا مسافرانی که مدت زمانی را در این پایانه سپری می‌کنند با غلظت‌های بالایی از آلودگی مواجه خواهند شد. میزان تنفس ذرات معلق توسط افراد تا حد زیادی تابع سایز ذرات است. ذرات درشت توسط سیستم تنفسی انسان کنترل می‌شوند ولی ذرات ریز این قابلیت را دارند که رفتار گازی از خود نشان دهند و در نتیجه وارد بخش‌های مختلف سیستم تنفسی می‌شوند (۱۵). در سال‌های اخیر و با گسترش امکان اندازه‌گیری یا نمونه‌برداری از ذرات زیر میکرو و نانو، مطالعات گسترده‌ای برروی اندازه‌گیری، منشاءیابی و تاثیر ناشی از این ذرات متمرکز شده‌اند (۱۹-۱۶).

برای انجام پژوهش و ارزیابی کیفیت هوای تنفسی در پارک‌سوار مورد نظر، مرحله اول نمونه‌برداری از ذرات معلق و تراز صوتی در فصل بهار (ابتدای اردیبهشت ۹۶) صورت گرفت. مدتی پس از نمونه‌برداری مرحله اول، با توجه به راه‌اندازی خطوط BRT در منطقه مورد مطالعه، ایستگاه مبداء و مسیر برخی اتوبوس‌های این پارک‌سوار تغییر کرد. با هدف ارزیابی تاثیر ناشی از این جابجایی، مرحله دوم نمونه‌برداری در فصل تابستان (ابتدای تیر ماه ۹۶) صورت گرفت. نمونه‌برداری‌ها در شش روز کاری (شنبه تا پنجشنبه) و در دو نوبت پیک ترافیک صبح (۱۲-۱۰) و عصر (۱۸-۱۶) در نقاط مختلف پارک‌سوار انجام شد. برای نمونه‌برداری ذرات معلق از پمپ نمونه‌بردار SKC، ساخت انگلستان و فیلتری با مش‌بندی μm ۰/۸ استفاده شد. ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری، فیلترها در دسیکاتور قرار گرفته تا اثر رطوبت هوا بر مقادیر اندازه‌گیری تاثیر نگذارد و سپس از طریق ترازو وزن شده است. امکان نمونه‌برداری از ذرات ریز، مقاومت بالا در برابر جریان عبوری، توان بالای جمع‌آوری ذرات معلق بر سطح فیلتر، امکان انجام آنالیزهای PIXE، قابلیت انحلال کامل برای آنالیزهای شیمیایی مرطوب (WCA)، هیگروسکوپی پایین، وزن سبک و مقاومت در برابر آلاینده‌های آلی و معدنی از مزایا و ویژگی‌های این نوع فیلتر به شمار می‌رود (۲۰). نمونه‌برداری از ذرات معلق در ارتفاع تنفسی (m ۱/۵ از سطح زمین) و با دبی L/min ۱۰ صورت گرفته است. برای تنظیم و کالیبراسیون پمپ min ۵ قبل از آغاز نمونه‌برداری و نیز بعد از اتمام کار پمپ روشن و با استفاده از روتامتر Influx (2-26) (ساخت انگلستان) دبی پمپ تنظیم شد (۲۱، ۲۲). در پایان نمونه‌برداری، فیلترها برای مدت h ۲۴ در دسیکاتور نگهداری، سپس وزن فیلترها تعیین و با استفاده از معادلات ۱ و ۲ غلظت ذرات معلق زیر- میکرو و نانو با سایز μm ۰/۸ تعیین شده است. در مجموع تعداد ۲۴ نمونه از ذرات معلق محیطی برداشت که به دلیل اختلال در کالیبره دبی پمپ قبل و بعد از نمونه‌برداری‌ها، دو نمونه حذف و در مجموع ۲۲ نمونه مورد تحلیل قرار گرفته است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]



شکل ۱- معرفی منطقه مورد مطالعه، پارک‌سوار مجلسی- اصفهان

$$V\,(m^3) = Q(\frac{L}{\min}) \times t(\min) \times \frac{1m^3}{1000\ L} \qquad (۱)$$

$$C_{PM}\,(\mu g/m^3) = \frac{(W_f - W_i)}{V} \times 10^{-6} \qquad (۲)$$

که در این معادله: V حجم هوای عبوری از پمپ (m^3)، Q دبی پمپ (L/min)، t زمان عملکرد پمپ (min)، C_{PM} غلظت ذرات معلق اندازه‌گیری شده در محیط ($\mu g/m^3$)، W_f وزن نهایی فیلتر (g) و W_i وزن اولیه فیلتر (g) است.

برای اندازه‌گیری تراز صوتی، همزمان با بازه‌های زمانی نمونه‌برداری از ذرات معلق، سطح تراز صوتی با استفاده از دستگاه ترازسنج صوتی KIMO-DB 100 (ساخت فرانسه) انجام شد. نقاط نمونه‌برداری جهت ارزیابی سطح تراز صوتی در نقاط مختلف پایانه از قبیل مجاور گذرگاه، محل استقرار اتوبوس‌ها، حاشیه‌های پارک‌سوار انتخاب و ارقام بدست آمده در هر بازه زمانی میانگین‌گیری شده است. تمامی اندازه‌گیری‌های تراز صوتی در شبکه A و با سرعت پاسخ سریع (با هدف ارزیابی کلیه جزییات) انجام شده است. جهت حذف تاثیر جریان هوا بر تراز اندازه‌گیری، از محافظ اسفنجی بر روی میکروفن استفاده شد. نمونه‌برداری‌ها با فاصله حداقل ۱ m از دیوارها، خودروها و دیگر سطوح انعکاسی و در ارتفاع ۱/۵ m از سطح زمین انجام شد.

یافته‌ها

نتایج بدست آمده از نمونه‌برداری ذرات معلق پایانه در فصول بهار و تابستان در جدول ۱ گردآوری شده است. همانگونه که اشاره شد، در بازه اول نمونه‌برداری تعدادی از خطوط اتوبوسرانی از این مکان به‌عنوان پایانه و ایستگاه اصلی استفاده می‌کردند که با راه‌اندازی خطوط BRT و تغییر در مسیر و ایستگاه‌ها، به میزان قابل توجهی از تردد اتوبوس‌ها (و نیز مسافران) به این مکان کاسته شد. براساس نتایج بدست آمده، سطح ذرات معلق در کلیه روزها، بعد از ظهرها بیشتر از صبح است. علت این افزایش را می‌توان در تجمع و عدم تهویه مناسب هوای پارک‌سوار دانست. روزهای پنجشنبه با توجه به تعطیلی اغلب ادارات و تمایل برای خریدهای روزمره تعداد خودروهای ترددی در ناحیه زیرگذر و به تبع آن سطح آلودگی ذرات معلق بالاتر از دیگر روزها است. در بازه زمانی نمونه‌برداری، بیشترین مقادیر مربوط به یکی از روزهای میان هفته (دوشنبه، ۴ اردیبهشت ۹۶) که روز بعد از آن مصادف با عید مبعث و تردد قابل‌توجهی از خودروها اتفاق افتاده است. این درحالی است که تعطیلی میان هفته (سه‌شنبه، ۵ اردیبهشت) در مقایسه با سایر روزها کمترین سطح آلودگی ذرات معلق را تجربه کرده است. براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA) سطح مجاز آلودگی ذرات معلق معادل $\mu g/m^3$ ۳۵/۴۹ (۲۲)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

و براساس خطوط راهنمای سازمان جهانی بهداشت (WHO) برابر ۲۵ $\mu g/m^3$ (۲۳) اســت. با این تفاســیر در کلیه ســاعات مورد بررسی آلودگی بالاتر از حد مجاز است.

در شــهرهایی با جمعیت بیش از ۳۵۰۰۰۰ نفر، ســازمان‌های متولی موظف به محاســبه روزانه شاخص کیفیت هوا (AQI) و اعلام آن به مردم است. با توجه به اقدامات صورت گرفته در طی سال‌های اخیر در زمینه بهبود کیفیت سوخت، ارتقاء تجهیزات کنترل انتشــار و معاینه فنی خودروها ســطح اکثر آلاینده‌های ناشــی از اگزوز خودروها به حد قابل قبولی کاهش یافته اســت و در اکثر کلان‌شــهرهای کشــور از جمله اصفهان غلظت ذرات معلــق تعییــن کننده شــاخص کیفیت هوای روزانه اســت. در مطالعه حاضر با فــرض اینکه آلاینده ذرات معلق تعیین کننده ســطح شــاخص کیفیت هوا باشــد و بتوان آن را با ذرات معلق سایز μm ۲/۵ همسان قرار داد، در هفته اول نمونه‌برداری یک روز با کیفیت متوســط، دو روز ناســالم برای گروه‌های حساس، دو روز ناســالم و یک روز خیلی ناســالم تعیین شــد. در هفته دوم نمونه‌بــرداری نیز یــک روز با کیفیت متوســط، چهار روز ناســالم برای گروه‌های حســاس و یک روز ناســالم بوده است. این بدین معناســت که پس از تغییر مســیر خطوط اتوبوسرانی پارک‌سوار، کیفیت هوا با بهبود نسبی همراه بوده است. کیفیت هوای پارک‌ســوار مورد مطالعه نه تنها از خودروهای عبوری در گذرگاه‌های مجاور بلکه از اتوبوس‌های درون‌شــهری مستقر در خــود پایانه تاثیر می‌پذیرد. از نکاتی کــه در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت تعیین سطح تاثیر اتوبوس‌های مستقر در این

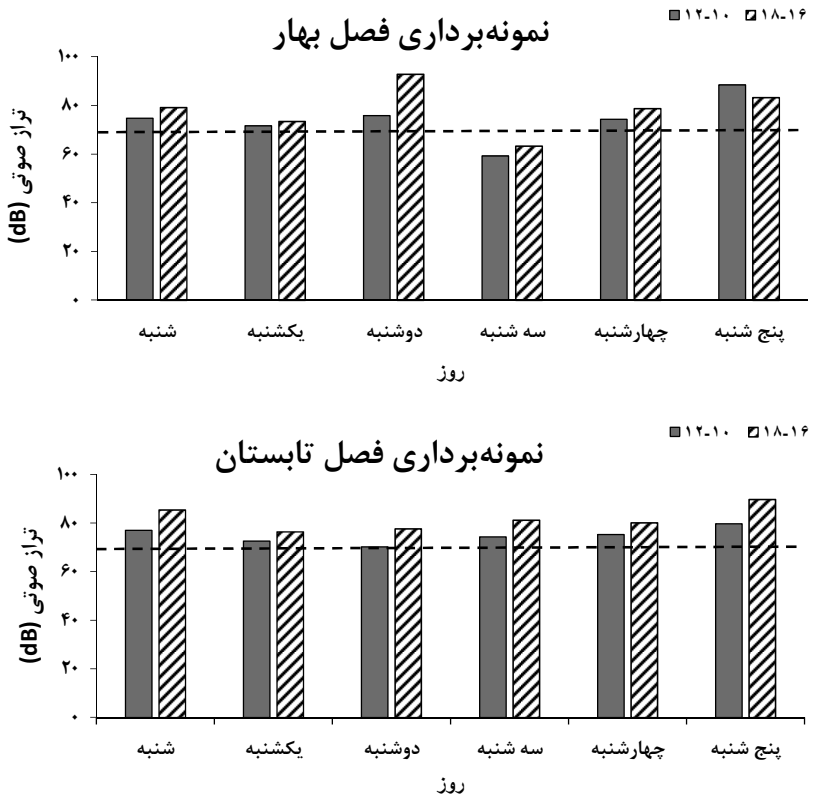
جدول ۱- نتایج نمونه‌برداری از ذرات معلق در محل پارک‌سوار مجلسی- میدان امام علی (ع) اصفهان ($\mu g/m^3$)

ردیف	ایام هفته	نمونه‌برداری فصل بهار		میانگین پیک‌های روزانه	میانگین کلی
		صبح (۱۲-۱۰)	بعد از ظهر (۱۸-۱۶)		
۱	شنبه	۵۴	۷۲	۶۳	۸۵/۱۷
۲	یکشنبه	-	۶۳	۶۳	
۳	دوشنبه	۱۵۷	۱۶۳	۱۶۰	
۴	سه‌شنبه	۱۷	۳۲	۲۴/۵	
۵	چهارشنبه	۸۷	۹۳	۹۰	
۶	پنجشنبه	۱۰۸	۱۱۳	۱۱۰/۵	
ردیف	ایام هفته	نمونه برداری فصل تابستان		میانگین پیک‌های روزانه	میانگین کلی
		صبح (۱۲-۱۰)	بعد از ظهر (۱۸-۱۶)		
۱	شنبه	۵۹	۶۲	۶۰/۵	۵۳/۵۸
۲	یکشنبه	۳۲	۳۷	۳۴/۵	
۳	دوشنبه	۴۱	۴۹	۴۵	
۴	سه‌شنبه	۳۸	-	۳۸	
۵	چهارشنبه	۴۴	۴۷	۴۵/۵	
۶	پنجشنبه	۸۹	۱۰۷	۹۸	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

پایانه بر سطح آلودگی محیط بود. پس از بازه اول نمونه‌برداری، با توجه به گسترش خطوط سریع‌السیر BRT، تغییراتی در مسیر خطوط اتوبوسرانی صورت گرفت. در طی این تغییرات اتوبوس‌های خطوط ۵۲، ۵۳ و ۷۱ با خطوط BRT جایگزین و دیگر از پارک‌سوار مجلسی به‌عنوان ایستگاه مبداء استفاده نمی‌کنند. این اقدام تاثیر مثبتی بر کیفیت هوای پارک‌سوار در پی داشته است، به‌طوری که براساس نتایج اندازه‌گیری در این بازه زمانی میانگین غلظت ذرات معلق این پارک‌سوار ۳۷ درصد کاهش یافته است.

ارزیابی سطح آلودگی صوتی در پارک‌سوار مجلسی در طی دو فصل بهار و تابستان (نمودار ۱) نشان داد به‌استثنای یک مورد (تعطیلی میان هفته)، در همه روزها سطح تراز صوتی متوسط روزانه ($L_{eq:7-22}$) بالاتر از ۷۰ dB است. این در حالی است که براساس مصوبه شماره ۱۹۰۱/۵۶۰۶۱ شورای عالی اداری، حد مجاز آلودگی صوتی روزانه برای پهنه‌های مسکونی dB(A) ۵۵، در پهنه‌های تجاری- مسکونی dB(A) ۶۰، پهنه‌های تجاری- اداری dB(A) ۶۵، پهنه مسکونی- صنعتی dB(A) ۷۰ و در پهنه صنعتی معادل dB(A) ۷۵ پیش‌بینی شده است. منطقه مورد مطالعه از نوع تجاری- اداری و سطح آلودگی صوتی مورد اندازه‌گیری بالاتر از حد مجاز است. بیشینه سطح آلودگی در مجاورت زیرگذر عبوری و با نزدیک شدن به دیواره‌های پارک‌سوار از شدت آلودگی صوتی کاسته می‌شود. براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته سطح تراز صوتی در روزهای پنجشنبه بالاتر از دیگر روزها و در اغلب موارد در هنگام عصر بیشتر از صبح به‌دست آمده است. در فصل تابستان با توجه به گرمای هوا، تردد در ساعات بعد از غروب آفتاب شدت می‌گیرد که این مساله در نمونه‌برداری صورت گرفته مورد بررسی قرار نگرفته است. بوق زدن و عبور موتورسیکلت از زیرگذر از مهمترین عوامل موثر بر افزایش سطح تراز صوتی است. دیواره‌های محصور زیرگذر و پارک‌سوار باعث انعکاس صدا در محیط و بالاتر رفتن تراز آلودگی صوتی در محل خواهند شد.



نمودار ۱- ارزیابی میانگین تراز صوتی پایانه در فصل بهار و تابستان

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

بحث

پژوهش حاضر به بررسی سطح آلاینده ذرات معلق و تراز صوتی در محل پارک‌سوار مجلسی اصفهان پرداخته است. موقعیت پرتردد این گذرگاه و قرار گرفتن در سطح زیرزمین باعث تشدید آلودگی و عدم تهویه هوا در این محل شده است. میزان مواجه افراد با آلاینده‌ها براساس غلظت آلاینده، مدت زمان مواجه و نرخ تنفس فرد تعیین می‌شود. افراد در سنین مختلف، جنسیت‌های متفاوت و تحت فعالیت‌های مختلف نرخ تنفس‌های متفاوتی را تجربه می‌کنند. بسیاری از محققین به ارزیابی میزان مواجه افراد با آلاینده‌های هوا پرداخته‌اند که از این جمله می‌توان به پژوهش‌های متعددی (۳۲-۲۴) اشاره داشت. براساس رده‌بندی سنی افراد میزان هوای تنفسی متوسط افراد از رقم m^3/day ۳/۶ برای نوزاد تازه متولد شده تا m^3/day ۱۶ برای افراد در رده سنی ۵۱-۳۱ سال تغییر می‌کند. پیش‌بینی شده بعد از ۵۱ سالگی نرخ تنفس افراد روند نزولی دارد، به‌طوری‌که برای افراد بالای ۸۱ سال این رقم به کمتر از m^3/day ۱۲/۲ کاهش می‌یابد. بنابراین تعیین مقدار دقیق مواجه فردی با آلاینده‌های هوا امکان‌پذیر نیست. در اغلب موارد برای تعیین مواجه افراد با هوای آلوده شهری در رفتارهای حرکتی سبک مانند پیاده‌روی و ترددهای روزمره، نرخ تنفس منطقی را به صورت میانگین معادل m^3/h ۰/۸۳۳ در نظر می‌گیرند (۳۳، ۳۴). با این پیش‌فرض و با در نظر گرفتن میانگین غلظت ذرات معلق در محیط پارک‌سوار می‌توان پیش‌بینی کرد که براساس داده‌های هفته اول نمونه‌برداری، حضور فرد در این محیط باعث تنفس $\mu g/h$ ۷۰/۹۵ (معادل $\mu g/min$ ۱/۱۸) و در هفته دوم نمونه‌برداری تنفس در این محیط $\mu g/h$ ۴۴/۶۳ (معادل $\mu g/min$ ۰/۷۴) ذرات معلق برای فرد خواهد شد. متوسط مدت زمان مواجه افراد در پارک‌سوار برای ورود به پایانه، سوارشدن به اتوبوس و حرکت از محل در محدوده min ۲۲-۲ است. سلامت فرد در مواجه و سن او تعیین کننده تاثیر و پیامدهای ناشی از این مواجه خواهد بود. سیستم تنفسی انسان سالم می‌تواند بخشی از ذرات معلق را قبل از ورود به سیستم تنفسی یا در حین عمل بازدم به محیط باز گرداند.

مطالعات مشابهی در گوشه و کنار جهان و در کشور ایران به ارزیابی کیفیت هوا در محیط‌های محصور و کم‌تهویه شهری پرداخته‌اند. اندازه‌گیری جنس، ویژگی‌ها و منشاء ذرات معلق با سایز نانو و زیرمیکرو در محیط‌های بسته موضوع پژوهشی است که در سال ۲۰۱۷ توسط Saarikoski و همکاران انجام شد و نشان داد در اغلب موارد این ذرات ناشی از احتراق و عملکرد موتورهای دیزلی هستند (۱۹). مطالعه غلظت ذرات معلق سایز ۲/۵ و μm ۱۰ در ایستگاه زیرزمینی استکهلم توسط Johansson و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان داد آلودگی این محیط پنج برابر بیشتر از شلوغ‌ترین خیابان شهر و به ترتیب در محدوده ۲۶۰ و $\mu g/m^3$ ۴۷۰ اندازه‌گیری شده است (۳۵). ارزیابی سطح ذرات معلق سایز μm ۱ در محیط‌های مختلف عبوری در کشور هلند در سال ۲۰۰۴ توسط Weijers و همکاران نیز نشان داد بیشینه تجمع ذرات در تونل‌ها (بیش از $\mu g/m^3$ ۹) اتفاق افتاده است و علت آن ترافیک و تردد خودروها است (۳۶). در سال ۲۰۱۶، Riccio و همکاران در ناپل ایتالیا در طی اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق با سایز μm ۱۰ نشان دادند غلظت این آلاینده در ورودی‌های تونل کمتر از خروجی‌ها و برای ساعات ابتدایی بعد از ظهر در محدوده $\mu g/m^3$ ۳۰۰ و در ساعات اوج ترافیک تا $\mu g/m^3$ ۶۰۰ افزایش می‌یابد (۳۷). اندازه‌گیری سطح ذرات معلق μm ۲/۵ در مترو شانگهای چین توسط Zhao و همکاران در سال ۲۰۱۷ تایید کرد غلظت این ذرات عمدتا از کیفیت هوای محیط بیرونی تاثیر می‌پذیرد، در پلتفرم مترو چهارده خط موجود، غلظت‌هایی بین ۸۸ تا $\mu g/m^3$ ۱۳۷ قابل اندازه گیری بود (۳۸). مقایسه نتایج پژوهش‌های بین‌المللی با داده‌های این پژوهش نشان می‌دهد که محدوده‌های متغیری از ذرات معلق در محیط‌های مختلف قابل انتظار است و در هنگام ساخت یا مکان‌یابی چنین اماکنی باید به مسئله تهویه، نرخ احتمالی انتشار آلاینده‌ها و سلامت افراد در مواجه، مورد توجه نمود. ارزیابی غلظت ذرات معلق در روزهای متوالی بیانگر بالا بودن غلظت این آلاینده در مقایسه با استانداردهای پیشنهادی EPA و رهنمودهای WHO است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

نتیجه‌گیری

جابجایی ایستگاه اتوبوس‌های شهری اقدام موثری در این زمینه بود که باعث کاهش سطح ذرات معلق محیطی و میزان مواجه افراد با این سطح آلودگی شده است. این نکته باید مدنظر قرار گیرد که جریان هوای طبیعی در محیط نقش موثری در کاهش سطح آلاینده‌های هوا خواهد داشت و محیط‌های بسته و زیرزمینی از این امکان محروم هستند. این نکته در مکان‌یابی پارکینگ‌ها، زیرگذرها، ترمینال‌ها و ایستگاه‌های زیرزمینی حائز اهمیت است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پژوهش با عنوان "ارزیابی سطح آلودگی در محیط‌های محصور و کم‌تهویه شهری" با همکاری گروه علوم محیط‌زیست دانشگاه زنجان است.

References

1. Kishimoto PN, Karplus VJ, Zhong M, Saikawa E, Zhang X, Zhang X. The impact of coordinated policies on air pollution emissions from road transportation in China. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2017;54:30-49.
2. Manohar G, Kavuri SR. An evolutionary path for control of air pollution from road transport. Environmental Engineering & Management Journal. 2017;16(1):15-24.
3. Shafie-Pour M, Tavakoli A. On-Road Vehicle Emissions Forecast Using IVE Simulation Model. International Journal of Environmental Reaserch. 2013;7(2):367-76.
4. Gendron-Carrier N, Gonzalez-Navarro M, Polloni S, Turner MA. Subways and urban air pollution. Canada: National Bureau of Economic Research; 2018. Report No.: C-89337-CCP-1.
5. Kermani M, Farzadkia M, Rezaeinia S, Rahmatinia M, Bahmani Z. Investigattion of TSP, PM10, PM2.5 concentrations in underground and ground-level stations of Tehran metro systems. Journal of Air Pollution and Health. 2017;2(2):73-80 (in Persian).
6. Martins V, Moreno T, Mendes L, Eleftheriadis K, Diapouli E, Alves CA, et al. Factors controlling air quality in different European subway systems. Environmental Research. 2016;146:35-46.
7. Martins V, Moreno T, Minguillón MC, Amato F, de Miguel E, Capdevila M, et al. Exposure to airborne particulate matter in the subway system. Science of the Total Environment. 2015;511:711-22.
8. Moreno T, Martins V, Querol X, Jones T, BéruBé K, Minguillón MC, et al. A new look at inhalable metalliferous airborne particles on rail subway platforms. Science of the Total Environment. 2015;505:367-75.
9. Kam W, Cheung K, Daher N, Sioutas C. Particulate matter (PM) concentrations in underground and ground-level rail systems of the Los Angeles Metro. Atmospheric Environment. 2011;45(8):1506-16.
10. Motesaddi Zarandi S, Raei Shaktaie H, Yazdani Cheratee J, Hosseinzade F, Dowlati M. Evaluation of PM2.5 concentration and determinant parameters on its distribution in Tehran's Metro System in 2012. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2013;22(2):37-46 (in Persian).
11. Hoseini M, Jabbari H, Naddafi K, Nabizadeh R, Rahbar M, Yunesian M, et al. Concentration and distribution characteristics of airborne fungi in indoor and outdoor air of Tehran subway stations. Aerobiologia. 2013;29(3):355-63.
12. Naddafi K, Jabbari H, Hoseini M, Nabizadeh R, Rahbar M, Yunesian M. Investigation of indoor and outdoor air bacterial in Tehran subway system. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2011;8(4):383-88.
13. Nazerieh R. Analysis and evaluation of air filtration methods in ventilation system of metro. 1st National Industrial Ventilation & Hygeine Conference; 2009; Sharif University of Technology, Iran (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

14. Statistical Center of Iran. National Population and Housing Census in 2016. Tehran: Statistical Centre of Iran (SCI); 2017 (in Persian).
15. Holmér I, Granberg P, Dahlstrom G. ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Geneva, Switzerland: International Labour Organization; 2008.
16. Dabass A, Talbott EO, Rager JR, Marsh GM, Venkat A, Holguin F, et al. Systemic inflammatory markers associated with cardiovascular disease and acute and chronic exposure to fine particulate matter air pollution (PM2.5) among US NHANES adults with metabolic syndrome. Environmental Research. 2018;161:485-91.
17. Rajput P, Singh DK, Singh AK, Gupta T. Chemical composition and source-apportionment of submicron particles during wintertime over Northern India: New insights on influence of fog-processing. Environmental Pollution. 2018;233:81-91.
18. Riediker M, Franc Y, Rousson V, Meier R, Bochud M. Exposure to fine particulate matter leads to rapid heart rate variability changes. Frontiers in Environmental Science. 2018;6:2. doi: 10.3389/fenvs.2018.00002.
19. Saarikoski S, Teinilä K, Timonen H, Aurela M, Laaksovirta T, Reyes F, et al. Particulate matter characteristics, dynamics, and sources in an underground mine. Aerosol Science and Technology. 2018;52(1):114-22.
20. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). USA: Centers for Disease Control and Prevention: National Institute for Occupational Safety and Health; 2016.
21. Central Pollution Control Board. Guidelines for the Measurement of Ambient Air Pollutants. Delhi: Ministry of Environment & Forests; 2013.
22. USEPA. National ambient air quality standards for particulate matter. Washington DC: United States Environmental Protection Agency (USEPA); 2013.
23. WHO. WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Summary of Risk Assessment. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2006.
24. Spier C, Little D, Trim S, Johnson T, Linn W, Hackney J. Activity patterns in elementary and high school students exposed to oxidant pollution. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology. 1991;2(3):277-93.
25. Linn W, Shamoo D, Hackney J, editors. Documentation of activity patterns in “high-risk” groups exposed to ozone in the Los Angeles area. Proceedings of the Second EPA/AWMA Conference on Tropospheric Ozone; USA; 1992.
26. Adams WC. Measurement of breathing rate and volume in routinely performed daily activities. California: California Environmental Protection Agency; 1993.
27. Layton DW. Metabolically consistent breathing rates for use in dose assessments. Health Physics. 1993;64(1):22-36.
28. Rusconi F, Castagneto M, Porta N, Gagliardi L, Leo G, Pellegatta A, et al. Reference values for respiratory rate in the first 3 years of life. Pediatrics. 1994;94(3):350-55.
29. Lordo B, Sanford J, Mohnson M. Revision of the metabolically-derived ventilation rates within the exposure factors handbook. Washington DC: United States Environmental Protection Agency (USEPA); 2006.
30. De Nazelle A, Seto E, Donaire-Gonzalez D, Mendez M, Matamala J, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Improving estimates of air pollution exposure through ubiquitous sensing technologies. Environmental Pollution. 2013;176:92-99.
31. Greenwald R, Hayat MJ, Barton J, Lopukhin A. A novel method for quantifying the inhaled dose of air pollutants based on heart rate, breathing rate and forced vital capacity. PLoS One. 2016;11(1):e0147578.
32. Dons E, Laeremans M, Orjuela JP, Avila-Palencia I, Carrasco-Turigas G, Cole-Hunter T, et al. Wearable sensors for personal monitoring and estimation of inhaled traffic-related air pollution: Evaluation of methods. Environmental Science & Technology. 2017;51(3):1859-67.
33. CERI. Hazard assessment report. Japan: Chemicals Evaluation and Research Institute (CERI); 2007.
34. Ishii S, Katagiri R, Kitamura K, Shimojima M, Wada T. Evaluation of the ECETOC TRA model for workplace inhalation exposure to ethylbenzene

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

in Japan. Journal of Chemical Health and Safety. 2017;24(1):8-20.
35. Johansson C, Johansson P-Å. Particulate matter in the underground of Stockholm. Atmospheric Environment. 2003;37(1):3-9.
36. Weijers E, Khlystov A, Kos G, Erisman J. Variability of particulate matter concentrations along roads and motorways determined by a moving measurement unit. Atmospheric Environment. 2004;38(19):2993-3002.
37. Riccio A, Chianese E, Monaco D, Costagliola M, Perretta G, Prati M, et al. Real-world automotive particulate matter and PAH emission factors and profile concentrations: Results from an urban tunnel experiment in Naples, Italy. Atmospheric Environment. 2016;141:379-87.
38. Zhao L, Wang J, Gao HO, Xie Y, Jiang R, Hu Q, et al. Evaluation of particulate matter concentration in Shanghai's metro system and strategy for improvement. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2017;53:115-27.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Evaluation of particulate matter (PM) and noise levels in underground terminals-Majlesi terminal of Isfahan

A Tavakoli*

Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 10 January 2018
Revised: 4 April 2018
Accepted: 7 April 2018
Published: 20 June 2018

Keywords: Particulate matter, Noise level, Terminal, Underground

***Corresponding Author:**
atavakoli@znu.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Air pollutants and noise level are areas of concern for public health, especially in metropolitan areas. In tunnels, underground stations and indoors with insufficient ventilation rate and noise reflection, accumulation of pollutants and noise pollution are serious problems.

Materials and Methods: The present study was conducted to evaluate the level of PM and noise level in the Majlesi terminal, located close to Imam Ali Square in Isfahan. Sampling was done in two phases, spring and summer. Samples were taken during six working days, twice a day, morning and afternoon and at traffic peaks. The effect of launching a BRT system was also evaluated. The SKC sampling pump and sound level meter of KIMO were used for the evaluation of particulate matter and noise.

Results: The results showed that the launch of a BRT system led to a change in PM concentration from 85.17 μg/m^3 to 53.58 (37% reduction), however, the average value of summer noise level (78.34 dB) was higher than the average value of spring (76.23 dB). Both PM and noise levels were higher than the values of international standards of EPA and WHO guidelines. The level of PM and noise level was a function of traffic and varied during weekdays. On Thursdays and after medieval holidays, the highest level was observed. The pollution and noise levels were higher during afternoon than the morning peak hours due to the traffic and accumulation of contaminants.

Conclusion: The research revealed that indoor and underground environments are not suitable options as a parking lot or bus terminals, due to a need for mechanical ventilation, lack of adequate air circulation and sound reflection.

Please cite this article as: Tavakoli A. Evaluation of particulate matter (PM) and noise levels in underground terminals-Majlesi terminal of Isfahan. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):137-48.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-04]