مستخرج از پایان نامه

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۶، پاییز ۱۴۰۲ (۱۳۲- ۱۱۷)

مدلسازی انتشار و پخش آلاینده‌های هوا در پایانه مسافربری بیهقی تهران تحت سناریوهای گوناگون

مریم کریمی [۱]

فرزام بابایی سمیرمی [۲*]

F.babaei@srbiau.ac.ir

هومن بهمن‌پور [۳]

محمدرضا تابش [۲]

علی محمدی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف: هدف از این تحقیق سنجش آلاینده‌های هوا (اختصاصاً ذرات معلق) در پایانه بیهقی تهران و مدلسازی انتشار این آلاینده تحت شرایط گوناگون است.

روش بررسی: به منظور سنجش آلاینده ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرون (PM_{10}) از دستگاه پرتابل مدل Grimm 108/109 استفاده شد. در نقاط انتخاب شده، نمونه‌برداری به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز انجام گرفت که عمل نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف روز یعنی صبح، ظهر و غروب با توجه به افزایش و کاهش تردد وسایط نقلیه انجام گرفت و به منظور مدلسازی از نرم‌افزار Austal view, version 7 استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که غلظت سنجش شده در فصول پاییز و زمستان بالاتر از ششماهه ابتدایی سال بوده است. از آنجا که در استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز روزانه برای این آلاینده ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد، می‌توان دریافت که در سناریو اول، در برخی محدوده‌ها (فاصله‌های کمتر از ۳۰۰ متر از مبدا)، غلظت آلاینده فراتر از استاندارد بوده است. مابقی محدوده‌ها در حد استاندارد قرار دارند. در سناریو دوم و براساس ضریب کاهش انتشار ۷۰ درصدی، مشخص گردید که تمام مناطق در محدوده استاندارد قرار دارند.

بحث و نتیجه‌گیری: در نهایت، کاهش زمان توقف خودروها، عدم روشن بودن درجا و استفاده از فیلترهای جاذب اگزوز کمک شایانی به کاهش انتشار آلاینده ذرات معلق می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، شبیه‌سازی انتشار، پایانه مسافربری.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت محیطزیست، گروه مدیریت محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه مدیریت محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- گروه محیطزیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

Human and Environment, No. 66, Autumn 2023

Modeling the emission and spread of air pollutants in Beyhaqi passenger terminal of Tehran under different scenarios

Maryam Karimi [1]
Farzam Babaei Semiromi [2 *]
F.babaei@srbiau.ac.ir
Hooman Bahmanpour [3]
Mohammad Reza Tabesh[2]
Ali Mohammadi[2]

Admission Date: February 14, 2023 Date Received: September 24, 2022

Abstract

Background and Objective: The purpose of this research is to measure air pollutants (especially PM_{10}) in Beyhaqi Terminal of Tehran and to model the release of this pollutant under various conditions.

Material and Methodology: In order to measure the pollutant of suspended particles with a diameter of 10 microns (PM_{10}), a portable device model Grimm 108/109 was used. In the selected points, sampling was done once a month during the year, three days a month and 3 times a day, and the sampling was done at different times of the day, i.e. morning, noon and evening, according to the increase and decrease of vehicle traffic. And for the purpose of modeling, Austal view, version 7 software was used.

Findings: The results showed that the concentration measured in the autumn and winter seasons was higher than the first six months of the year. Since in the standard of the World Health Organization, the daily limit for this pollutant is 50 micrograms per cubic meter, it can be seen that in the first scenario, in some areas (distances less than 300 meters from the source), the concentration of the pollutant exceeded the standard. The rest of the ranges are within the standard range. In the second scenario and based on the emission reduction factor of 70%, it was determined that all areas are within the standard range.

Discussion and Conclusion: Finally, reducing the stopping time of cars, not turning on lights and using exhaust absorbent filters will help to reduce the emission of suspended particles.

Keywords: Air pollution, PM_{10}, Emission simulation, Passengers Terminal.

1- Ph.D. Student, Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and The Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran.

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که کیفیت زندگی انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و اثرات سوئی بر سلامت انسان می‌گذارد. این اثرات باعث تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در بدن می‌گردند که در نهایت به بیماری شدید و حتی مرگ منتهی می‌شود (۱). آلودگی هوا چهارمین عامل خطر برای مرگ منتسب در دنیا و همچنین هفتمین عامل خطر در ایران می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام شده توسط سازمان بهداشت جهانی، هر سال در اثر آلودگی هوا بیش از چهار میلیون نفر دچار مرگ زودرس می‌شوند (۲). به عنوان مثال؛ در اتریش، سوئیس و فرانسه ۶ درصد از کل مرگ و میر بزرگسالان بالای ۳۰ سال به آلودگی هوا نسبت داده شده است (۳). بر اساس گزارش بانک جهانی، خطراتی که آلودگی هوا بر سلامت می‌تواند داشته باشد در کشورهای در حال توسعه بیشترین میزان است (۴). خسارات سالانه آلودگی هوا در ایران تا سال ۲۰۱۶ میلادی حدود ۱۶ میلیارد دلار برآورد شده است (۵). پروژه توسعه شهری را می‌توان مبنای تجدید ساختارهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و حقوقی شهری تلقی کرد که هدف آن در درجه اول بهبود فرآیند شهرنشینی و روند شهرگرایی، ترمیم محیط زیست شهری، ساماندهی اقتصاد شهری و تقویت جنبه‌های سیاسی، اجتماعی و فرهنگی زندگی شهری است. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، کیفیت هوا را به عنوان مهمترین شاخص محیط زیستی در بحث توسعه پایدار، معرفی کرده است (۶).

کلان شهر تهران با توجه به شرایط توپوگرافی و اقلیم آن و همچنین تردد نزدیک به ۵ میلیون وسیله نقلیه و استقرار تعداد زیادی واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک، یکی از هشت شهر بزرگ کشور است که آلودگی هوا در آن به یکی از مشکلات بزرگ فراروی مردم و مسئولین این شهر تبدیل شده است (۷ و ۸). آمارها نشان می‌دهد که در روزهای تشدید آلودگی هوای تهران، شمار بیماران تنفسی «تا۶۰ درصد» افزایش می‌یابد (۹). بیشترین عامل مرتبط با تشدید بیماری‌های سیستم قلبی، عروقی و ریوی، افزایش آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق و منواکسید کربن است (۱۰)، به طوریکه آلودگی هوا در تهران به طور متوسط موجب کاهش ۵ سال از عمر تهرانی‌ها شده است (۱۱). بنابر این پژوهش‌ها روزانه بالغ بر یک‌هزار و ۱۹۲ تن مواد آلاینده در هوای تهران منتشر می‌شود. بیشتر این آلاینده‌ها مربوط به اکسیدهای گوگرد با انتشار ۶۹۵ تن در هر روز است که بعد از آن به ترتیب اکسیدهای نیتروژن، منواکسید کربن و هیدروکربن‌های سوخته نشده، عمده آلاینده‌های هوای تهران محسوب می‌شوند (۱۲ و ۱۳).

ذرات معلق آلاینده را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱. ذرات درشت قابل استنشاق (PM_{10}) همانند ذرات معلقی که در مجاورت جاده‌ها یا صنایع مولد غبار یافت می‌شوند و قطرشان بزرگتر از ۲/۵ میکرون و کوچکتر از ۱۰ میکرون است. ذرات معلقی که قطرشان ۱۰ میکرون یا کمتر است، خطر بیشتری برای سلامت دارند، زیرا عموماً می‌توانند از بینی و گلو بگذرند و به عمق ریه‌ها و حتی گاهی جریان خون وارد شوند. استنشاق این ذرات می‌تواند بر قلب و ریه‌ها اثر بگذارد و پیامدهای بهداشتی وخیمی ایجاد کند.

۲. ذرات متوسط ($PM_{2.5}$) همانند ذرات معلقی که در دود و مه‌دود یافت می‌شوند و قطرشان ۲/۵ میکرون یا کمتر است. این ذرات یا به طور مستقیم از منابعی مانند آتش‌سوزی‌های جنگلی وارد هوا می‌شوند یا در نتیجه واکنش گازهای خروجی از نیروگاه‌ها، صنایع و خودروها در هوا شکل می‌گیرند. اندازه این ذرات با توانایی آنها در آسیب‌رسانی به سلامت انسان ارتباط مستقیم دارد. سازمان بهداشت جهانی، تخمین میزند که سالانه حدود ۸۰۰ هزار نفر در جهان به علت این آلاینده جان خود را از دست می‌دهند (۱۲ و ۱۴).

جدول ۱ نیز خلاصه‌ای از اثرات زیان‌بار آلاینده ذرات معلق بر سلامت شهروندان را نشان می‌دهد.

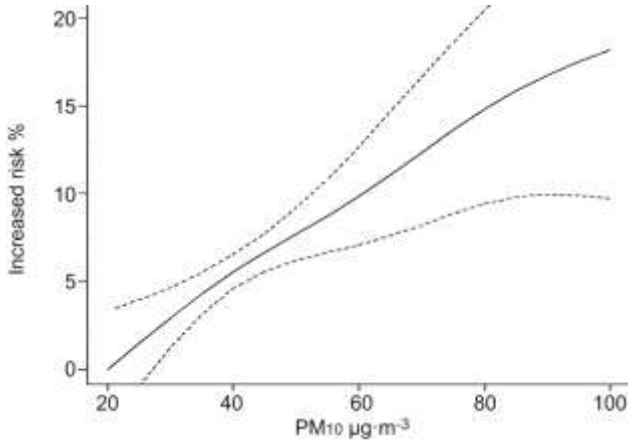
جدول ۱- پیامدهای آلاینده ذرات معلق بر سلامت شهروندان

Table 1. Impacts of particulate pollution on citizens' health

آلاینده	اثرگذاری
ذرات معلق (PM)	▪ ذرات معلق با قطر آیرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر (PM_{10}) به دلیل راهیابی به سیستم تنفسی تحتانی، به عنوان شاخص اصلی مواد معلق در هوا معرفی می‌شوند. ▪ بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیکی، ذرات معلق در مقایسه با اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای ازت برای سلامتی انسان مخاطره‌آمیزتر است و مقدار PM_{10} در تشدید بیماریهای قلبی – ریوی، کاهش مقاومت سیستم ایمنی بدن در مقابل بیماریها، از بین رفتن بافت ریه، آسم کودکان، مرگ و میر زودرس و سرطان نقش عمده‌ای دارد. ▪ مقدار ذرات معلق بیش از $۸۰mg/m^3$ بطور مشخصی ظرفیت حیاتی ریه را کاهش داده و گزارش‌های متعددی اثر آن را بر روی عملکرد سیستم قلبی- ریوی حتی در مواقعی که غلظت آن پایین تر از استاندارد محیطی بوده، نشان داده است. ▪ از آن جایی که ذرات بزرگتر از ۱۰mm-۱۵ در قسمت فوقانی سیستم تنفسی گرفته می‌شوند، تنها ذرات با قطرهای کمتر از ۲ mm-۳ به اعماق ریه نفوذ می‌کنند و بدین جهت استاندارد کیفیت هوا برای ذرات بر اساس اندازه ذرات اصلاح شده است. ▪ هر ۱۰ میکروگرم افزایش ذرات معلق موجب ۱ تا ۳ درصد افزایش مرگ و میر خواهد شد. ▪ به طور کلی سهم ذرات در افزایش بیماریهای مزمن ریوی ۳/۳ درصد، بیماریهای قلبی، ۲/۱ درصد و ذات‌الریه ۴ درصد گزارش شده است.

(منبع: ۱۸-۱۱)

شکل ۱، ارتباط میان افزایش غلظت ذرات معلق و افزایش احتمال ریسک سلامتی را برای انسان نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، با افزایش غلظت ذرات معلق از ۲۰ به ۴۰ میکروگرم بر مترمکعب (یعنی ۲ برابر شدن)، احتمال ریسک تقریباً ۵٪ خواهد بود و در صورتی که میزان ذرات معلق از ۴۰ به ۸۰ میکروگرم بر مترمکعب افزایش یابد (۲ برابر)، احتمال ریسک به ۱۵٪ خواهد رسید (یعنی ۳ برابر).



شکل ۱- ارتباط میان تغییرات غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و احتمال ریسک سلامتی (۱۹)

Figure 1. Relationship between changes in the concentration of suspended particles less than 10 microns and the probability of health risk

یکی از منابع اصلی تولید این گاز، وسایل نقلیه موتوری سنگین هستند (۲۰). متاسفانه تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه کیفیت محیط زیست پایانه مسفربری بیهقی تهران (به ویژه کیفیت هوا) انجام نشده است. از جمله موارد مرتبط به نمونه‌های ذیل می‌توان اشاره داشت:

یکپایی نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹)، در یک مقاله تحقیقی میزان آلاینده‌های گازی و ذرات معلق در ۶ پایانه درون شهری شرکت واحد اتوبوسرانی تهران را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان غلظت ذرات معلق، PM_1 با میانگین ۱/۲۰ میکروگرم بر مترمکعب، $PM_{2.5}$ با میانگین ۶/۷۲ میکروگرم بر مترمکعب، PM_{10} با میانگین ۱۰۰/۲۳ میکروگرم بر مترمکعب، CO با میانگین غلظت ۶/۹۵ ppm، NO_2 با میانگین غلظت ppm ۰/۰۵ و SO_2 با میانگین ppm ۰/۰۵ در فصل زمستان وجود دارد. در این تحقیق وارونگی دما، موقعیت نامناسب پایانه‌ها و سرما دلایل اصلی تجمع آلاینده‌ها بیان شده است (۲۱).

صدیقی و همکارانش در سال ۱۳۹۷ در مقاله‌ای با عنوان "تاثیر استفاده از فیلترهای موقت جاذب آلاینده‌های گازی و دوده بر کاهش انتشار آلاینده‌های اتوبوس‌های برون شهری" در داخل پایانه‌ها به این موضوع اشاره نمودند که با یکی از مهمترین منابع ساکن تولیدکننده آلاینده‌های گازی، دود خروجی از اگزوز اتوبوس‌ها در فضای بسیار محدود، به مدت ۱۲ ساعت مستمر در شبانه‌روز، پایانه‌های مسافربری برون شهری را به یکی از خطرناکترین مناطق برای سلامت افراد به ویژه کارمندان شاغل در پایانه‌ها و رانندگان تبدیل کرده است. از این‌رو، استفاده از فیلترهای پرتال جاذب دوده در زمانی که اتوبوس در حال سرویس‌دهی در پایانه می‌باشد، می‌تواند حجم بالایی از آلاینده‌های گازی و ۹۸ درصد ذرات معلق را حذف نماید (۲۲).

توکلی در سال ۱۳۹۷، در یک طرح مطالعاتی اقدام به ارزیابی سطح ذرات معلق و تراز صوتی در پایانه‌های زیرزمینی – پارک سوار مجلسی اصفهان نمود. نمونه‌برداری در بهار و تابستان، هربار در شش روز کاری، انجام گرفت و تاثیر ناشی از راه‌اندازی خطوط BRT مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که راه‌اندازی این خط باعث تغییر غلظت میانگین ذرات معلق از ۸۵/۱۷ به ۵۳/۵۸ میکروگرم بر مترمکعب (کاهش ۳۷ درصدی) شده است. همچنین میانگین تراز صوتی تابستان (۷۸ دسی‌بل) بالاتر از بهار (۷۶ دسی‌بل) بود. غلظت ذرات معلق و تراز صوتی در هر دو حالت بالاتر از استانداردهای بین‌المللی بوده است (۲۳). شفیع‌پور مطلق و همکاران (۱۳۹۴)، اقدام به ارزیابی ریسک زیست محیطی انتشار آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی تهران به روش مدلسازی نمودند. نتایج نشان داد که ریسک سرطانی برای افراد در معرض وجود نداشته است، ولیکن ریسک غیرسرطانی برای آلاینده منواکسید کربن در مورد کارکنان وجود دارد (۲۴). رمضانی و شبانخو (۱۳۹۲)، در یک مقاله تحقیقی اقدام به ارایه الگوی مدیریت کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی پایانه‌های مسافربری نمودند. نتایج بیانگر آن بوده است که فاکتورهایی نظیر نوع و کیفیت اتوبوس‌ها، مکان‌یابی و جانمایی صحیح پایانه‌ها، سرویس‌دهی مناسب و منظم، و عدم روشن بودن درجا می‌تواند به کیفیت محیطی بهتر منجر شود (۲۵).

از آنجا که بنابر اطلاعات اخذ شده از سوی سازمان‌ها و کارشناسان مرجع، کیفیت هوای شهر تهران چندان مطلوب نبوده و در برخی از مواقع سال در شرایط بسیار خطرناک و بحرانی قرار می‌گیرد، این پرسش اساسی مطرح است که نقش کاربری‌های گوناگون در این شرایط چگونه است؟ به طور مثال پایانه‌های مسافربری که از انواع وسایل نقلیه عمومی برخوردارند، چه میزان آلاینده منتشر می‌کنند؟

بنابراین؛ هدف از انجام این تحقیق، مدلسازی انتشار و پخش آلاینده‌های هوا در پایانه بیهقی تهران تحت سناریوهای مختلف می‌باشد. بدین منظور انتشار آلاینده‌ها در دو شرایط مورد بررسی قرار خواهد گرفت. یکی در وضعیت فعلی و دیگری با رعایت ملاحظات محیط‌زیستی و استفاده از راهکارهای مدیریتی و مهندسی برای کاهش آلاینده‌های ناشی از فعالیت خودروها در پایانه.

روش بررسی

منطقه مطالعاتی، پایانه بیهقی در تهران می‌باشد که در سال ۱۳۷۰ و در وسعتی معادل با ۱۳/۵ هکتار احداث گردیده است.

ترمینال بیهقی دارای امکانات متنوع و متعددی است که برخی از آنها مستقیماً سبب تولید و انتشار آلاینده‌های هوا می‌گردند. از جمله آژانس مسافرتی، ایستگاه پایانه‌های اتوبوس‌های شرکت واحد، سکو اتوبوس‌های برون شهری، مرکز معاینه فنی، پارکینگ و کارواش.

این تحقیق به لحاظ زمان اجرای طرح، از نوع مقطعی و به لحاظ خروجی‌ها، از نوع کاربردی می‌باشد. روش گردآوری اطلاعات در این تحقیق عمدتاً از نوع برداشت میدانی (سنجش و اندازه‌گیری آلاینده) است. در گام نخست؛ سناریوهای مورد نظر طراحی شدند. ۲ سناریو برای این تحقیق متصور شد:

- سناریو اول: بررسی مدل انتشار آلاینده منواکسید کربن تحت شرایط فعلی؛
- سناریو دوم: بررسی مدل انتشار آلاینده تحت شرایط مدیریتی و بکارگیری راهکارهای کاهش انتشار.

سپس، داده‌های پایه برای محاسبات و مدلسازی انتشار آلاینده هوا در سایت پایانه وارد نرم‌افزار گردید (جدول ۲).

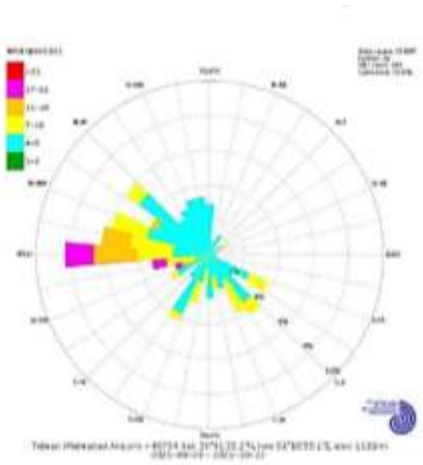
جدول ۲- خلاصه اطلاعات پایه و آب و هوایی به منظور مدلسازی انتشار آلاینده منواکسید کربن

Table 2. Summary of basic and weather information in order to model the release of carbon monoxide pollutant

ردیف	پارامتر	نتیجه
۱	دمای گاز خروجی از اگزوز اتومبیل	۷۸۰-۹۷۰ درجه سانتیگراد
۲	سرعت گاز خروجی از اگزوز اتومبیل	۵۰ تا ۷۰ کیلومتر در ساعت
۳	عرض جغرافیایی	۶۸/۳۵ درجه عرض شمالی
۴	ارتفاع از سطح دریا	۱۵۵۴ متر
۵	متوسط فشار بارومتریک	۹۳/۲۵ اینچ جیوه
۶	میانگین بارش ۱۰ ساله	۲۳۰ میلیمتر
۷	میانگین سالیانه رطوبت نسبی	۵۰ درصد و میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۶۴ و ۳۹ درصد می‌باشد.
۸	باد غالب در منطقه	بر مبنای سه نوبت دیدبانی (صبح، ظهر و عصر) محاسبه گردیده است، در جهت غربی (۲۷۰ درجه) بوده و متوسط آن ۲/۳ متر بر ثانیه می‌باشد. جهت وزش باد غالب غرب به شرق بوده است.
۹	توپوگرافی منطقه	بر مبنای داده‌های پیش‌فرض موجود در نرم‌افزار که براساس موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) به‌روزرسانی شد.

(منبع: ۷، ۸ و ۲۶)

در گام بعد، نیاز به تعیین کیفیت هوای سایت بود. تجهیزات لازم برای نمونه‌برداری عبارت بودند از پمپ نمونه‌برداری با دبی تا ۵ لیتر در دقیقه، ایمپینجر، روتامتر و لوله‌های گازیاب (Detector tube) که به مکان‌های نمونه‌برداری منتقل و قبل از انتقال، در آزمایشگاه کالیبراسیون انجام و صحت عملکرد آنها مورد تایید قرار گرفت. به منظور سنجش آلاینده ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرون (PM_{10}) از دستگاه پرتابل مدل Grimm 108/109 استفاده شد (۲۷). اندازه‌گیری‌ها در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت. تعداد نقاط اندازه‌گیری برحسب شکل و مساحت سایت و براساس پیش‌فرض نرم‌افزار انجام گرفت. دلیل انتخاب نقاط مورد نظر، تجمع خودروها در آن نقاط بوده است. در نقاط انتخاب شده، نمونه‌برداری به صورت ماهی یک مرتبه در طول سال و سه روز در ماه و ۳ بار در روز انجام گرفت که عمل نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف روز یعنی صبح، ظهر و غروب با توجه به افزایش و کاهش تردد وسایل نقلیه انجام گرفت. داده‌های حاصل با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (۲۸) و آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا (۲۹) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام کار، ۳ نقطه (ایستگاه تاکسی‌ها، ون‌ها و اتوبوس‌های درون شهری، سکوهای اتوبوس‌های برون شهری، و پارکینگ خودروها) به عنوان نقاط کنترل و ایستگاه اندازه‌گیری در نظر گرفته شد (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت سایت مطالعاتی و ایستگاههای اندازه‌گیری و سنجش آلاینده‌ها (سمت چپ) و گلباد ایستگاه مهرآباد (سمت راست)

Figure 2. The location of the study site and pollutant measurement and measurement stations (left) and Golbad of Mehrabad station (right)

در انتها، لازم بود تا میزان انتشار آلاینده توسط خودروها و وسایل نقلیه در سایت محاسبه شود. باید توجه داشت که اتوبوس‌های مسافربری درون شهری به دو نوع دیزلی و گازسوز تقسیم می‌شوند، در حالی که اتوبوس‌های مسافربری برون شهری صرفاً دیزلی هستند. به منظور محاسبه انتشار آلایندگی ناشی از فعالیت اتوبوس‌ها در پایانه‌های اتوبوس‌رانی ابتدا لازم است تا سیاهه انتشار هر یک و مدت زمان توقف اتوبوس‌ها در هر پایانه و در ۲۴ ساعت شبانه‌روز بررسی و محاسبه شود که برای این منظور از نرم‌افزار مدیریت ناوگان اتوبوسرانی متعلق به شهرداری تهران که از تاریخ ۱۰ بهمن ۱۳۹۲ راه‌اندازی شده (۸ و ۳۰)، استفاده گردید. در ادامه، با استفاده از ضرایب انتشار مناسب مقدار آلاینده‌های منتشر شده به دست آمده است. فرمول زیر برای همین منظور استفاده شده است (۳۰):

$$Ei = \left(xEF_{i,Diesel} + yEF_{i,Gas}\right) \times A$$

E_i = سیاهه انتشار آلاینده i (کیلوگرم)

x =نسبت اتوبوس‌های دیزلی به کل اتوبوس‌های پایانه

y =نسبت اتوبوس‌های گازسوز به کل اتوبوس‌های پایانه

$EF_{i,Diesel}$ =ضریب انتشار آلاینده i برای اتوبوس دیزلی (کیلوگرم بر ساعت)

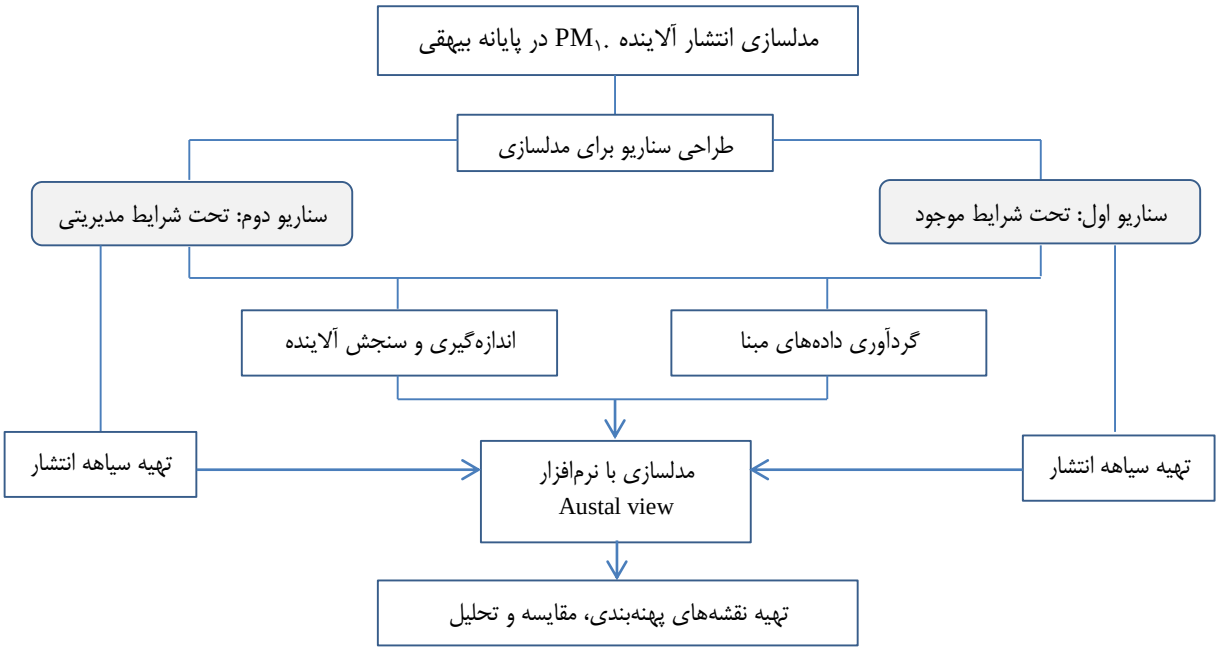
$EF_{i,Gas}$ =ضریب انتشار آلاینده i برای اتوبوس گازسوز (کیلوگرم بر ساعت)

A =مدت زمان توقف کل اتوبوس‌ها در پایانه (ساعت)

بر این اساس، مدت زمان توقف اتوبوس‌ها در پایانه بیهقی به طور میانگین برابر با ۱۶۰ ساعت بوده است. خاطر نشان می‌گردد که از ساعت ۹ تا ۱۴ بعد از ظهر اوج زمان توقف اتوبوس‌ها است (۳۰).

لازم به ذکر است که برای شبیه‌سازی انتشار در سناریو دوم، از ضریب کاهش انتشار به میزان ۷۰ درصد استفاده شده است. این ضریب به شکل آزمایشی و در پایانه جدید شرق به دست آمده است. بدین شکل که میزان انتشار آلاینده‌ها برای ۱۰ عدد اتوبوس و ۱۰ عدد مینی‌بوس یکسان در ۲ حالت مورد مقایسه قرار گرفت. یکی در حالت عادی (روشن بودن درجا و بدون استفاده از کیسه جاذب) و دیگری در حالت استفاده از کیسه جاذب دود در زمان حضور در سکو و خاموش بودن در زمان توقف در پارکینگ. از آنجا که مورد قبول شهرداری تهران می‌باشد، به عنوان مبنایی برای سناریو دوم در نظر گرفته شد.

به منظور شبیه‌سازی و مدلسازی پراکندگی آلاینده هوا در سایت پایانه بیهقی، از نرم‌افزار Austal View, Version 7 استفاده گردیده است که در اصل رابط گرافیکی Austal 2000 است که برنامه مدل‌سازی پراکندگی هوایی مورد استفاده در آژانس محیط‌زیست کشور آلمان است و دارای سیستم لاگرانژی ردیابی ذرات در پراکندگی هوایی است که مدل تشخیص میدان باد منحصر به فرد خودش را دارد (۳۱ و ۳۲). پیش‌بینی غلظت آلاینده، براساس راهنمای نرم‌افزار تا ارتفاع ۵ متری شبیه‌سازی گردید تا علاوه بر آنکه شامل ارتفاع تنفسی انسان می‌باشد، محدوده ارتفاعی اتوبوس‌ها و نیز طبقات همکف و اول ساختمان‌های اداری را نیز پوشش دهد. محدوده مدلسازی، دایره‌ای به شعاع ۱ کیلومتر از مرکز سایت پایانه در نظر گرفته شد. فرآیند تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است.

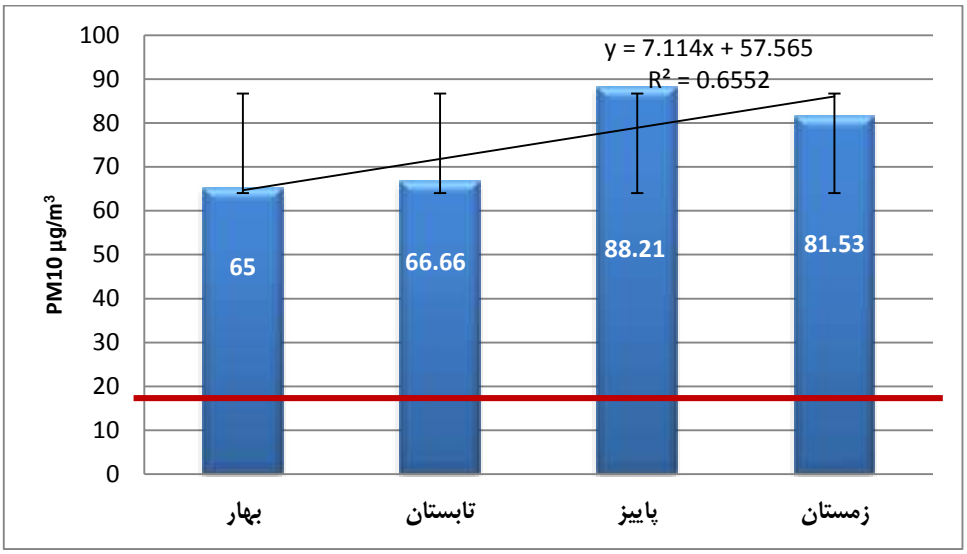


شکل ۳- فرآیند تحقیق

Figure 3. Research process

نتایج

به منظور تعیین وضعیت موجود کیفیت هوا در پایانه بیهقی تهران اقدام به اندازه‌گیری آلاینده ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون در فصول جداگانه شد که نتایج سنجش آلاینده‌های هوا در شکل ۴ ارایه شده است.



شکل ۴- مقایسه غلظت فصلی آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) در پایانه بیهقی در سال ۱۴۰۰

(خط قرمز رنگ معرف استاندارد سالانه این آلاینده ($20\ \mu g/m^3$) براساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران است)

Figure 4. Comparison of the seasonal concentration of suspended particulate matter less than 10 microns (PM_{10}) in Beyhaghi Terminal in 1400 (The red line represents the annual standard of this pollutant ($20\ \mu g/m^3$) based on the instructions of the Environmental Protection Organization of Iran)

همانطور که مشاهده می‌شود غلظت سنجش شده در فصول پاییز و زمستان بالاتر از ششماهه ابتدایی سال بوده است. در ادامه، سیاهه انتشار آلاینده که توسط هر یک از انواع وسایل نقلیه عمومی در پایانه بیهقی تولید می‌شود، محاسبه گردید (جدول ۳).

جدول ۳- سیاهه انتشار پایانه بیهقی در بازه‌های زمانی سه‌گانه (کیلوگرم)

Table 3. List of release of Bayhaghi terminal in three time periods (kg)

دوره زمانی	آلاینده	میزان انتشار آلاینده توسط ۱ عدد اتوبوس		میزان انتشار توسط یک تاکسی	میزان انتشار توسط یک ون
		دیزل	گازسوز		
روزانه	PM_{10}	۰/۰۲۵	۰	-	-
سالانه	PM_{10}	۹/۳۶	۰/۰۱۷	۲/۲۳۹	۴۴/۵۹

(منبع: یافته‌های تحقیق)

براساس داده‌های رسمی از سازمان پایانه‌ها و پارک‌سوارهای شهر تهران (۱۳۹۹)، در پایانه بیهقی تعداد وسایل نقلیه عمومی که در سایت مشغول به فعالیت و تردد می‌باشند، به شرح جدول ۴ است:

جدول ۴- تعداد وسایل نقلیه عمومی فعال در پایانه بیهقی (منبع: یافته‌های تحقیق)

Table 4. Number of public vehicles active in Beyhaghi terminal (source: research findings)

تعداد اتوبوس‌های برون شهری فعال در سایت (در ۲۴ ساعت)	تعداد اتوبوس‌های درون شهری فعال در سایت (در ۲۴ ساعت)	تعداد ون‌ها و مینی‌بوس‌های فعال در سایت (در ۲۴ ساعت)	تعداد سواری‌های کرایه (مسافرکش) در سطح سایت (در ۲۴ ساعت)
۳۰۰ عدد	۱۰۰ عدد	۴۰ عدد	۱۰۰ عدد

بنابراین؛ با توجه به میزان انتشار آلاینده‌های هوا توسط هر نوع از وسایل نقلیه، خروجی نهایی (مجموع) را بدین ترتیب می‌توان محاسبه نمود:

A+B+C+D=X

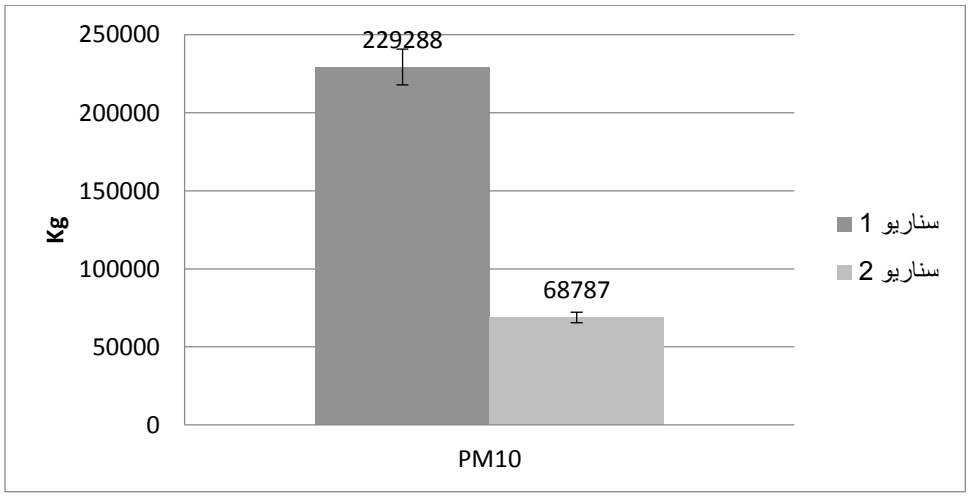
A= میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس دیزلی در سایت

B = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد اتوبوس گازسوز در سایت

C = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد ون‌ها و مینی‌بوس‌ها در سایت

D = میزان آلاینده تولیدی در ۱ سال × تعداد تاکسی‌ها در سایت

با توجه به داده‌های مبنا و محاسبات آماری مربوط به سیاهه انتشار آلاینده‌ها، اقدام به مدلسازی تحت سناریوهای تحقیق گردید. از آنجا که در مطالعات پیشین میزان کاهش انتشار آلاینده با بکارگیری راهکارهای مدیریتی ۷۰درصد برآورد شده بود، بنابراین برای سناریو دوم، اعداد نهایی با ضریب محاسبه شدند (شکل ۵).



شکل ۵- مجموع میزان آلاینده ذرات معلق منتشره در طول یک‌سال توسط وسایل نقلیه عمومی در پایانه بیهقی تحت سناریوهای دوگانه (منبع:یافته‌های تحقیق)

Figure 5. The total amount of suspended particles pollutant released during one year by public vehicles in Beyhaghi Terminal under dual scenarios (source: research findings)

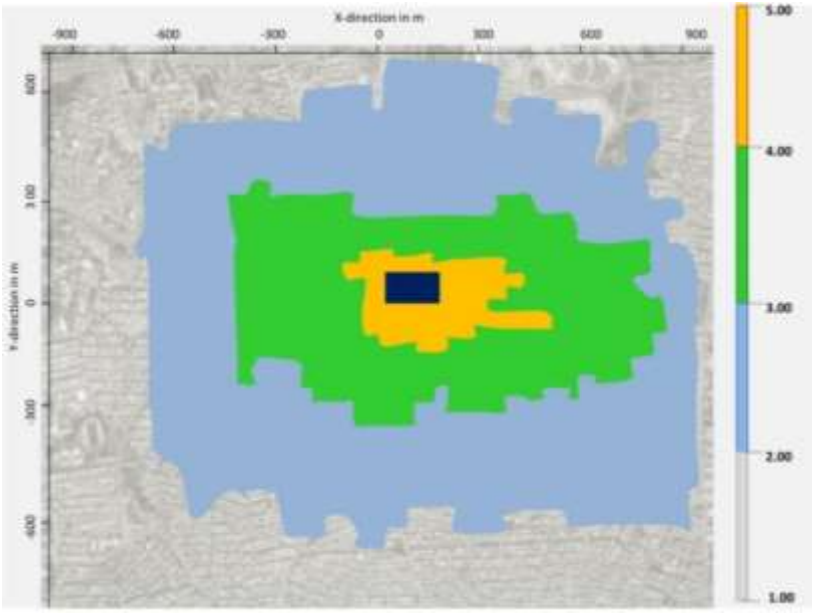
الف) نتایج مدلسازی تحت سناریو اول

پراکنش آلاینده ذرات معلق به شکل سالانه در شکل ۶ و جدول ۵ مشخص شده است. همانطور که از نقشه بر می‌آید، غلظت آلاینده با فاصله گرفتن از مبدا به تدریج کاهش می‌یابد، ولیکن نکته حایز اهمیت آن است که گسترش نسبتاً یکسانی در جهات مختلف دارد هر چند که همانند تمام آلاینده‌ها بیشترین نفوذ در جهت شرقی است. البته به دلیل سنگینی این آلاینده، بازه زمانی مورد بررسی یک شبانه‌روز در نظر گرفته شده است.

جدول ۵- دامنه و میزان نفوذ آلاینده ذرات معلق در محوطه پیرامونی پایانه بیهقی در شبیه‌سازی ۲۴ ساعته تحت سناریو اول

Table 5. Scope and rate of penetration of suspended particulate matter in the surrounding area of Bayhaghi terminal in 24-hour simulation under the first scenario

جهت	در جهت شرق			در جهت شمال			در جهت جنوب			در جهت غرب		
فاصله (m)	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰
غلظت آلاینده (ppm)	۵۰-۲۰	۵۰-۴۰	۶۰-۵۰	۳۰-۲۰	۵۰-۳۰	۶۰-۴۰	۲۰	۴۰-۲۰	۶۰-۴۰	۲۰	۴۰-۲۰	۶۰-۴۰



شکل ۶- پراکنش ذرات معلق ناشی از احتراق سوخت خودروها در شبیه‌سازی ۲۴ ساعته (سناریو اول) (منبع: یافته‌های تحقیق)

Figure 6. Dispersion of suspended particles caused by vehicle fuel combustion in a 24-hour simulation (first scenario) (source: research findings)

از آنجا که در استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز روزانه برای این آلاینده ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد، می‌توان دریافت که در برخی محدوده‌ها که با رنگ نارنجی مشخص شده‌اند، غلظت آلاینده فراتر از استاندارد بوده است (فاصله‌های کمتر از ۳۰۰ متر از مبدا). مابقی محدوده‌ها در حد استاندارد قرار دارند.

ب) نتایج مدلسازی تحت سناریو دوم

به منظور بهره‌مندی بیشتر از فعالیت‌های پایانه بیهقی و نیز تلاش در جهت استقرار سیستم حمل و نقل پاک، گزینه دوم با تاکید بر بکارگیری اصول مدیریت سبز و توسعه پایدار تنظیم و پیشنهاد می‌گردد. در اصل، این گزینه بر رعایت ملاحظات محیط زیستی از قبیل عدم روشن نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت زمان توقف (ضریب ۷۰٪) تاکید دارد. بر همین اساس و با طرح پیش فرض‌هایی برای این گزینه، اقدام به مدلسازی و شبیه‌سازی فرآیند توسعه (مشابه با گزینه اول که پیشتر ارایه شد) می‌گردد.

خاطر نشان می‌گردد، براساس تحقیقات صورت گرفته و شرایط شبیه‌سازی شده (در مقیاس کوچک در پایانه جدید شرق تهران، ۱۳۹۷)، با اعمال اصلاحات و اقدامات مدیریتی فوق‌الذکر، امکان کاهش میزان تولید آلاینده‌ها به میزان ۷۰ درصد میسر می‌باشد. بر این اساس، میزان تولید و انتشار آلاینده منواکسید کربن برای گزینه اول و دوم، به شرح جدول زیر می‌باشد:

جدول ۶- بررسی و مقایسه سناریوهای مطرح شده برای پایانه بیهقی (یافته‌های تحقیق)

Table 6. Review and comparison of the proposed scenarios for Bayhaghi terminal (research findings)

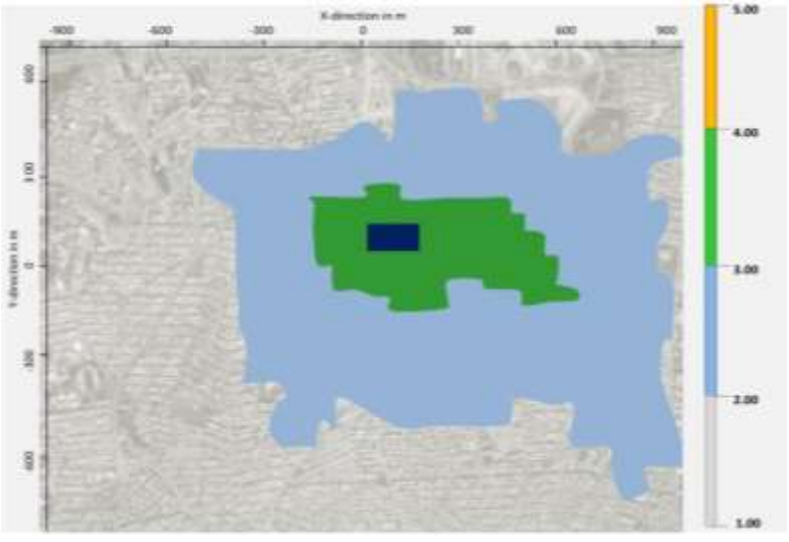
گزینه‌ها	توضیحات	وضعیت انتشار آلاینده‌ها
سناریو اول	حالت عادی و شرایط فعلی و بدون در نظر گرفتن ملاحظات محیط زیستی	ذرات معلق = ۲۲۹۲۸۸ کیلوگرم
سناریو دوم	حالت پیشرفته با رعایت ملاحظات محیط زیستی از قبیل عدم روشن نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت زمان توقف (ضریب ۷۰٪)	ذرات معلق = ۶۸۷۸۷ کیلوگرم

پراکنش آلاینده ذرات معلق به شکل سالانه در شکل ۷ و جدول ۷ مشخص شده است. همانطور که از نقشه بر می‌آید، غلظت آلاینده با فاصله گرفتن از مبدا به تدریج کاهش می‌یابد، ولیکن نکته حایز اهمیت آن است که گسترش نسبتاً یکسانی در جهات مختلف دارد هر چند که همانند تمام آلاینده‌ها بیشترین نفوذ در جهت شرقی است. البته به دلیل سنگینی این آلاینده، بازه زمانی مورد بررسی یک شبانه‌روز در نظر گرفته شده است.

جدول ۷- دامنه و میزان نفوذ آلاینده ذرات معلق در محوطه پیرامونی پایانه بیهقی در شبیه‌سازی ۲۴ ساعته تحت سناریو دوم (یافته‌های تحقیق)

Table 7. Scope and rate of penetration of suspended particulate matter in the surrounding area of Bayhaghi terminal in 24-hour simulation under the second scenario (research findings)

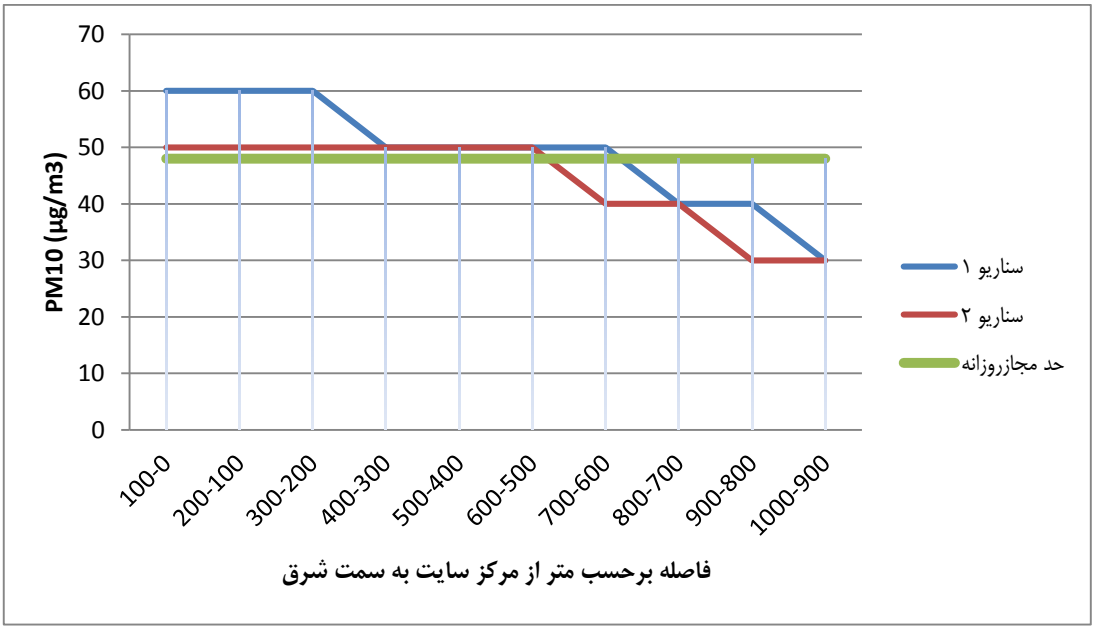
جهت	در جهت شرق			در جهت شمال			در جهت جنوب			در جهت غرب		
فاصله (m)	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰	۶۰۰ به بالا	۶۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۰
غلظت آلاینده (ppm)	۴۰-۲۰	۵۰-۳۰	۵۰-۴۰	۳۰-۲۰	۴۰-۲۰	۵۰-۳۰	۳۰-۲۰	۴۰-۲۰	۵۰-۴۰	۲۰	۴۰-۲۰	۵۰-۳۰



شکل ۷- پراکنش آلاینده ذرات معلق ناشی از احتراق سوخت خودروها در شبیه‌سازی ۲۴ ساعته تحت سناریو دوم (یافته‌های تحقیق)

Figure 7. Pollutant distribution of suspended particles caused by vehicle fuel combustion in a 24-hour simulation under the second scenario (research findings)

از آنجا که در استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز روزانه برای این آلاینده ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد، می‌توان دریافت که تمام مناطق در حد استاندارد قرار دارند.



شکل ۸- مقایسه غلظت ذرات معلق براساس فاصله از سایت (ضلع شرقی)

Figure 8. Comparison of the concentration of suspended particles based on the distance from the site (eastern side)

بحث

در نهایت، در خصوص ذرات معلق همانطور که از نقشه بر می‌آید، غلظت آلاینده با فاصله گرفتن از مبدا به تدریج کاهش می‌یابد، ولیکن نکته حایز اهمیت آن است که گسترش نسبتاً یکسانی در جهات مختلف دارد هر چند که همانند تمام آلاینده‌ها بیشترین نفوذ در جهت شرقی است. البته به دلیل سنگینی این آلاینده، بازه زمانی مورد بررسی یک شبانه‌روز در نظر گرفته شده است. از آنجا که در استاندارد سازمان جهانی بهداشت، حد مجاز روزانه برای این آلاینده ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد، می‌توان دریافت که در سناریو اول، در برخی محدوده‌ها که با رنگ نارنجی مشخص شده‌اند، غلظت آلاینده فراتر از استاندارد بوده است (فاصله‌های کمتر از ۳۰۰ متر از مبدا). مابقی محدوده‌ها در حد استاندارد قرار دارند. ولیکن؛ با توجه به آنکه به غیر از ذرات معلق سایر آلاینده‌ها نیز در پایانه تولید و منتشر می‌گردند که احتمال هم‌افزایی میان آلاینده‌ها وجود خواهد داشت و به منظور ارتقای کیفیت محیط، سناریوی دوم نیز مورد بررسی قرار گرفت و همانطور که نتایج نشان می‌دهد، در سناریو دوم تمام مناطق در محدوده استاندارد قرار دارند.

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد، تحت سناریو ۱ (نمودار آبی) غلظت آلاینده در فواصل معین بیشتر از حالت سناریو ۲ (نمودار قرمز) می‌باشد. هر چند که براساس استاندارد روزانه سازمان جهانی بهداشت (۵۰ میکروگرم بر مترمکعب) در سناریو اول تا فاصله ۴۰۰ متری غلظت آلاینده فراتر از استاندارد است. از ۴۰۰ تا ۷۰۰ متری دقیقا در مرز استاندارد است و پس از آن، غلظت آلاینده شروع به کاهش کرده و کمتر از استاندارد خواهد شد. ولیکن در سناریو ۲ غلظت آلاینده در هیچ فاصله‌ای بیشتر از استاندارد نیست. به طوریکه تا ۶۰۰ متری دقیقاً در مرز استاندارد و پس از آن کمتر از استاندارد خواهد شد. نتایج این بخش از تحقیق با مطالعات صورت گرفته توسط یکپایی نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹) نیز تا حدود زیادی مطابقت دارد. زیرا در آن مطالعه قید شده است که غلظت آلاینده ذرات معلق در فصول سرد سال و به ویژه زمستان بالاتر از سایر فصول است که با تحقیق حاضر همخوانی

دارد. همچنین، نتایج تحقیق با مطالعه رمضانی و شبانخو (۱۳۹۲) که اشاره به مکان‌یابی درست و استفاده از راهکارهای مدیریتی و عدم روشن بودن درجای اتوبوس‌ها دارد، منطبق است.

جمع‌بندی

نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که پایانه‌های مسافربری به عنوان یکی از کانون‌های مهم تولید و انتشار آلاینده‌های هوا در شهرها محسوب می‌گردند. بنابراین، با بکارگیری راهکارهای مدیریتی و مهندسی و رعایت ملاحظات محیط زیستی از قبیل: عدم روشن نگهداشتن درجا، استفاده از فیلتر اگزوز و کاهش مدت زمان توقف این امکان وجود دارد که از تولید و انتشار بخش زیادی از آلاینده‌ها اجتناب شود (تا ۷۰درصد). همین مساله به ارتقای کیفیت هوا در سایت مورد نظر و محوطه پیرامونی کمک شایانی خواهد نمود. بدیهی است با بکارگیری سایر راهکارهای اثربخش نظیر بهسوزی بهتر خودرو و نیز استفاده از سوخت با استاندارد سطح بالاتر درصد کاهش آلاینده‌های هوا بیشتر خواهد بود.

References

1. Arnesano, M, Revel, G., M, Seri, F, A. (2016). Tool for the optimal sensor placement to optimize temperature monitoring in large sports spaces, www.elsevier.com/locate/envres, 2016, Automation in Construction 68 (2016) 223–234
2. O'Reilly, Norm, Berger, Ida E, Hernandez, Tony, Parent, Milena M, Se´guin, Benoit. (2015). Urban sports capes: An environmental deterministic perspective on the management of youth sport participation, Www.Elsevier .com /lo cate/s m r,Sport Management Review,2015 ,18, 291–307
3. WHO. (2018). World Health Organization. Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence. No. EUR/05/5046027. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018.
4. WB. (2015). Air pollution cost in global, World Bank Reports, www.worldbank.org/en/.../air-pollution-deaths-cost-global-economy
5. WHO. (2017). Air quality and health, www.who.int. Retrieved 2011-11-26.
6. Rohani, A., Tayebi Sani, S.M., Morsal, B., Bahmanpour, H. (2017). Spatial assessment and environmental sustainability assessment of Tehran Shemiran sports complexes in relation to air pollution zoning: towards sustainable development and environmental protection, *Quarterly of Geography* (Regional Planning). 2017; Vol 8, No 1, 215-236 pp. www.geography.journals.iau-garmsar.ac.ir › article_663739
7. Bahmanpour, H., Naghibi, H., Abdi, H. (2021), Environmental risk of carbon monoxide pollutants in outdoor sports and recreational spaces in Tehran, Geographical Research Quarterly, Volume 36, Number 2, 165-155 pp.
8. TAQCC. (2018). Teharan air quality control Company. Report of Tehranz, Tehran Municipality, Nashr-e- Shahr. pp 265.
9. Qiasedin, M. (2015). Air pollution and control, University of Tehran Press, 380 p.
10. Tavassoli, M., Afshari, A., Arsene, A.L., Mégarbane, B., Dumanov, J., Bastos Paoliello, M.M., Tsatsakis, A., Carvalho, F., Hashemzaei, M., Karimi, G., Rezaee, R. (2019). Toxicological profile of Amanita virosa – a narrative review, Toxicol. Rep. 6, 143–150, https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.01.002.eCollection 2019.

11. Asilian, H. (2013). Air pollution, Sobhan publication, 3th edt, 152 p.
12. Bahmanpour, H. (2017). Content of environmental education for members of Islamic councils of cities and villages, the Office of Education and Public Participation of the Environmental Protection Organization.
13. Mohaghegh, SH., Hajian, M. (2013). Air pollution and sport, Scientific Journal of the Organization of the Medical System of the Islamic Republic of Iran, Volume 31, Number 3, Fall 2013: 239-249
14. Tabrizian, K., Shahriari, A., Rezaee, R., Jahantigh, H., Bagheri, G., Tsarouhas, K., Docea, A.O., Tsatsakis, A., Hashemzaei, M. (2019). Cardioprotective effects of insulin on carbon monoxide-induced toxicity in male rats, Hum. Exp. Toxicol. 38 (2019) 148–154, https://doi.org/10.1177/0960327118788134.
15. Buga, A.M., Docea, A.O., Albu, C., Malin, R.D., Branisteanu, D.E., Ianosi, G., Ianosi, S.L., Iordache, A., Calina, D. (2019). Molecular and cellular stratagem of brain metastases associated with melanoma, Oncol. Lett. 17 (2019) 4170–4175, https://doi.org/10.3892/ol.2019.9933.
16. Mattiuzzi, C., Lippi, G. (2019). Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning, Hum. Exp. Toxicol. (2019), https://doi.org/10.1177/0960327111989121214.
17. Can, G., Sayili, U., Sayman, Ö.A., Kuyumcu, Ö.F., Yilmaz, D., Esen, E., Yurtseven, E., Erginöz, E. (2019). Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: a ten-year analysis based on news agency records, BMC Public Health 19 (2019) 9, https://doi.org/10.1186/s12889-018-6342-4.
18. Bahmanpour, H., Askari Rabori, A., Gholami, M. (2013). The qualitative and quantitative evaluation of urban parks and green spaces in city of Tehran, Advances in Environmental Biology, American-Eurasian Network for Scientific Information, Vol. 7, Issue. 11, 3474-3481 pp. http://www.aensiweb.com/old/aeb/2013/3474-3480.pdf
19. Fathtabar Firoozjaei, S., Sheikh, A.A., Rangzan, K., Chinipardaz, R. (2011). Zoning of air pollutants using statistical models and GIS techniques. Case Study (Tehran), Fifth Specialized Conference on Environmental Engineering, Tehran.
20. Mansoori, N., Ghasemabadi, N. (2011). Field determination of air pollutants and PSI index in Tehran city bus stops, Quarterly Journal of Man and Environment, No. 19, Winter 90, 12 p.
21. Yekpai Najafabadi, A., Haji Seyed Mirzahoseini, S.A., Mohammadi, A. (2021). Evaluation of the amount of gaseous pollutants and airborne particles in the internal terminals of Tehran Bus Company, J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.12, March, 2021
22. Bahrami, A. (2017). Air pollution control engineering methods, Tehran, Fanavaran, 303 p.
23. Tawakli, A. (2017). Assessment of the level of suspended particles and sound level in underground terminals - Isfahan Majlesi Park, Journal of Health and Environment, Volume 11, Number 1, pp. 137-148.

24. Shafipoor Motlagh, M., Pardakhti, A., Mojezi, M. (2015). Risk Assessment of Air Pollutants Emissions in Beihaghi Terminal by Modeling, Study on Environment, 9 (41), 1, 97-105 pp.
25. Ramezani, A., Shabankhoo, H. (2013). Management of environmental damage reduction of passenger terminals in west of Tehran, Journal of human and the environment, No. 26, 37-61 pp.
26. IRIMO. (2021). WWW.IRIMO.ORG
27. NIOSH. (2014). National Institute for Occupational Safety and Health.
28. WHO. (2019). Air quality and health, www.who.int. Retrieved 2017. https://www.who.int/
29. USEPA. (2004). An examination of EPA risk assessment principles and practices. EPA/100/B-04/001. Washington (DC): OSA, USEPA; 2004, http://www.epa.gov/OSA/pdfs/ratf-final.pdf [accessed 30.10.13].
30. Tehran Terminals and Parks Organization. (2014). https://terminals.tehran.ir
31. Can, G., Sayili, U., Sayman, Ö.A., Kuyumcu, Ö.F., Yilmaz, D., Esen, E., Yurtseven, E., Erginöz, E. (2019). Mapping of carbon monoxide related death risk in Turkey: a ten-year analysis based on news agency records, BMC Public Health 19 (2019) 9, https://doi.org/10.1186/s12889-018-6342-4.
32. Govorushko, S., Rezaee, R., Dumanov, J., Tsatsakis, A. (2019). Poisoning associated with the use of mushrooms: a review of the global pattern and main characteristics, Food Chem. Toxicol. 128 (2019) 267–279, https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.016.