مستخرج از پایان نامه

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۹، تابستان ۱۴۰۳ (۴۷- ۳۵)

اندازه گیری غلظت ذرات آلاینده ۱۰ و ۲/۵ میکرون درهوای داخل سالنهای نمایشگاه بین المللی تهران

داوود آدینه [۱]

رضا امیرنژاد [*]

rezaamirnezhad@gmail.com

کیوان صائب [۳]

غلامرضا فرید فهیمی [۲]

آبتین راهنورد [۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۱ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱**

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا در محیطهای بسته یکی از عوامل مهم در تهدید سلامتی انسان به شمار آمده و سایتها و سالنهای نمایشگاهی به دلیل تراکم بالای حضور افراد و نیز تنوع محصولات قابل عرضه، پتانسیل بالایی در تجمع ذرات آلاینده دارند. ذرات معلق مخلوط پیچیده ای از ذرات جامد و قطرات مایع معلق در هوا با اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی متفاوت است .

روش پژوهش: این تحقیق ،در سالن ۳۸ سایت نمایشگاه بین المللی تهران و با اندازه گیری غلظت ذرات آلاینده ۱۰ و ۲/۵ میکرون در طی یکسال و در ۴ فصل متوالی با نصب پمپ مکش SKC در ارتفاع تنفسی انجام و نتایج با استاندارد ۲۴ ساعته بررسی شد.

یافته ها: بر اساس نتایج بدست آمده،میانگین مقادیر برای ذرات ۱۰ میکرون در فصل پاییز ،µg/cm3 ۱۶۰/۸ بوده که از مقادیر استاندارد ۲۴ ساعته در معرض قرار گیری بیشتر بوده و در سایر فصول کمتر از حد استاندارد ۲۴ ساعته بوده است. در فصل پاییز حداکثر مقدار اندازه گیری شده µg/cm3 ۱۹۸ بوده است .همچنین میانگین مقادیر برای ذرات ۲/۵ میکرون در پاییز µg/cm3 ۳۸،بوده است.این مقدار، از حد استاندارد ۲۴ ساعته در معرض قرار گیری ذرات ۲/۵ میکرون که µg/cm3 ۳۵ می باشد بیشتر است.

۱- دانشجوی دکتری رشته آلودگی محیطزیست، گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۲- استادیار، گروه محیطزیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه محیطزیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

بحث و نتیجه گیری:دلیل افزایش ذرات معلق در فصل پاییز عمدتا ،تاثیر کیفیت هوای بیرون بر داخل سالن ها به دلیل تفاوت دمای هوا بوده که بر اساس مطالعات انجام شده،رابطه مستقیمی بین این دو محیط برقرار است. در نتیجه پایش مستمر از سطح ذرات آلاینده در سالنهای نمایشگاهی با هدف شناخت و کاهش تبعات بهداشتی آنها بر انسان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوای محیط داخلی،ذرات معلق ۱۰ میکرون،ذرات معلق ۲/۵ میکرون،سایتهای نمایشگاهی.

Human and Environment, No. 69, Summer 2024

Measuring the Concentration of Pollutant Particles PM2.5 and PM10 in Indoor Air of the Tehran International Exhibitions Company (TIEC)

Davoud Adineh[1]
Reza Amirnezhad [2 *]
rezaamirnezhad@gmail.com
Keyvan Saeb [3]
Gholamreza Faridfahimi [2]
Abtin Rahnavard [2]

Admission Date:January 11, 2023 Date Received: December 12, 2022

Abstract

Background and Objective: One of the most significant human health risks is the pollution of enclosed spaces. The high density of people and the variety of products available in exhibition halls make them perfect locations for the accumulation of polluting particles. Air pollutants are mixtures of suspended solids and liquids in the air, which vary in size, shape, and chemical composition.

Material and Methodology: This study was conducted to measure PM2.5 and PM10 pollutants particles in four seasons consecutively throughout the year in Hall No. 38 of the Tehran International Exhibitions Company (TIEC). This goal was achieved by establishing an (SKC) air sampling pump at breathing height and comparing the results with the standard 24-hour analysis

Findings: According to the results, the average PM_{10} value in the autumn season was 160.8 µg cm^{-3}, which was reported as higher than the standard 24-hour exposure value. There was also a maximum measured value of 198 µg cm^{-3} of PM_{10} during the mentioned season. The findings showed that the average $PM_{2.5}$ value in the same season was 38 µg cm^{-3}, which was reported as higher than the standard 24-hour exposure value (35 µg cm^{-3}).

Discussion and Conclusion: It was mainly the effect of outdoor air quality on the indoor air in halls and the heating system that contributed to the increase in particulate matter in the autumn. According to

1- PhD Student of Environmental Pollution, Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Associate Professor, Department of Environment, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

the studies, it was found that outdoor and indoor air in halls is directly related. Therefore, Tehran Exhibition halls and other similar sites should continually monitor the level of air pollutants to reduce their health effects.

Keywords: Indoor air pollution, Particulate Matters PM2.5, Particulate Matters PM10, Exhibition Sites.

مقدمه

آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت است و مهمترین عامل خطر محیطی برای سلامت محسوب میشود (1) . مطالعات نشان داده اند آلودگی هوا سهم قابل توجهی در ایجاد بیماریهای غیرواگیر دارد و پس از استعمال دخانیات،دومین عامل اصلی مرگ های ناشی ازبیماریهای غیرواگیر محسوب میشود و همچنین به افزایش ریسک ابتلا به بیماریهای حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است(2).علاوه بر هوای آزاد، آلاینده های هوای داخل هم به عنوان یک عامل خطر جدی برای سلامت حدود ۳ میلیارد نفر در دنیا مطرح است که برای پخت و پز و گرمایش منازل خود از سوخت های متنوع استفاده میکنند. وجود آلاینده ها در هوای داخل ساختمان ها علاوه بر این که مخل راحتی و آسایش ساکنان خواهد بود، تماس طولانی مدت با آن‌ها می‌تواند آسیب‌های بسیار جدی و یا حتی مرگ را به دنبال داشته باشد. به طور کلی آلاینده‌هایی از قبیل فرمالاید، مونوکسید کربن، آزبست، جیوه، ذرات معلق، رادون، آلرژن ها از مهم‌ترین عوامل تأثیر گذار بر روی کیفیت هوا در محیط های داخلی محسوب می‌شوند. آلودگی هوا در محیطهای بسته یکی از عوامل مهم در تهدید سلامتی انسان به شمار آمده و سایتها و سالنهای نمایشگاهی به دلیل تراکم بالای حضور افراد و نیز تنوع محصولات قابل عرضه پتانسیل بالایی در تجمع ذرات آلاینده را دارند. ذرات معلق (PM)[1] مخلوط پیچیده ای از ذرات جامد و قطرات مایع معلق در هوا با اندازه، شکل و ترکیب شیمیایی متفاوت است که به دلیل اثرات شدید سلامتی نگرانی قابل توجهی را تشدید می کند.

در اواسط قرن بیستم، تحقیقات کیفیت هوا شروع به شکوفایی کرد زیرا دانشمندان فرآیندهای تولید مه دود و کیفیت پایین هوا را در شهرهای بزرگ در سراسر جهان بررسی کردند. با این حال، بیشتر این تحقیقات بر روی مواد شیمیایی و واکنش‌های ذرات آلاینده در فضای باز و اثرات بالقوه آن بر محیط‌زیست و سلامت انسان متمرکز بود. در سال‌های اخیر، محققان تمرکز خود را به مطالعه کیفیت هوای داخلی در منازل و ادارات با تمرکز مداوم بر سلامت انسان معطوف کرده‌اند. محیط های داخلی ذاتاً پیچیده هستند و از مجموعه وسیعی از آلاینده ها و سطوح غیر آلی و آلی تشکیل شده و میتوانند ترکیبات آلی ثانویه را نیز تولید نمایند. (3) با توجه به تبادل هوای داخل و خارج از منزل، ترکیب شیمیایی ذرات معلق داخل ساختمان به منابع و اجزای ذرات معلق در فضای باز مرتبط است. با این حال، ذرات در محیط داخلی این پتانسیل را دارد که از سطوح ذرات آلاینده در فضای باز بیشتر شود. (4)

ذرات با قطر آیرودینامیکی ۲/۵ میکرومتر یا کوچکتر (PM2/5) یک نگرانی خاص هستند زیرا این ذرات می توانند در عمق ریه ها نفوذ کنند و می توانند اثرات جدی برای سلامتی از جمله آریتمی قلبی، بیماری عروق کرونر قلب و مرگ زودرس ایجاد کنند. در نتیجه، سازمان بهداشت جهانی و سازمان های دولتی استانداردهای کیفیت هوای محیط را برای PM2/5 تعیین کرده اند. برای مثال، استانداردهای ملی کیفیت هوای محیطی

1- Particulate Matters

ایالات متحده (NAAQS[1]) برای PM2/5، ۳۵ میکروگرم در مترمربع (۲۴ ساعت) و ۱۲ میکروگرم در مترمکعب (میانگین سالانه) را معرفی نموده است (5). استانداردهای سازمان بهداشت جهانی برای ذرات PM2/5، ۲۵میکروگرم در مترمربع (میانگین ۲۴ ساعته) و ۱۰ میکروگرم در مترمکعب به صورت میانگین سالانه هستند(6). مقدار ذرات معلق در محیط داخلی نقش مهمی در قرار گرفتن در معرض افراد دارند زیرا افراد معمولا ۹۰ درصد از زمان خود را در داخل خانه می گذرانند و غلظت PM در داخل خانه و سایر محیطهای بسته نظیر نمایشگاه ها و سالنهای نمایشگاهی می تواند از سطح بیرونی آن فراتر رود(7). ذرات با قطر بین ۲/۵ تا ۱۰ میکرومتر (PM2/5-10) به عنوان ذرات"درشت" تعریف می شوند. ذرات کمتر از ۲/۵ میکرومتر به عنوان "ریز"؛ و کمتر از 0/1میکرومتر به عنوان "بسیار ریز" شناخته میشوند (8). به عنوان مثال، از آنجایی که PM2/5 سبک است، نسبت به سایر ذرات، میزان نفوذ و رسوب در ریه ها بیشتر است و در نتیجه مدت طولانی تری در دستگاه تنفسی باقی می ماند(9). .پاپ و همکاران دریافتند که به ازای هر ۱۰ گرم در متر مکعب افزایش در سطوح PM2/5، خطر مرگ ۸ تا ۱۸ درصد افزایش می یابد. آلودگی ذرات داخل ساختمان بر اساس منشاء ذرات معلق به PM اولیه و ثانویه گروه بندی می شود. آلاینده های اولیه داخل ساختمان مستقیماً از فعالیت های داخلی داخلی مانند پخت و پز، گرمایش زیست توده، کشیدن تنباکو، شستشو، تمیز کردن، تنفس گروهی و سایر فعالیت های داخلی تولید می شوند. PM ثانویه شامل آلاینده های نفوذ کرده از محیط بیرون و ذرات تولید شده در اثر واکنش های شیمیایی بین ذرات داخلی و منابع بیرونی است (10). ذرات موجود در محیط بیرون از طریق جریان هوا، یعنی از طریق ترکیبی از اسمز، تهویه طبیعی و تهویه مکانیکی وارد اتاق می شوند. منابع انسانی PM در فضای باز، مانند انتشار بنزین تبخیری ناشی از حمل و نقل، احتراق نفت، و سوزاندن زغال سنگ در نیروگاه ها، به غلظت ذرات ذغال سنگ در داخل ساختمان کمک می کند (۱۱و۱۲). هوای داخل محیطهای بسته از هزاران هزار ترکیب آلی در فاز گازی و متراکم تشکیل شده است. غلظت این ترکیبات در طول زمان و از محیطی به محیط دیگر بسیار متفاوت است. آنها همچنین می توانند با یکدیگر واکنش نشان دهند تا ترکیبات متنوع تری را تشکیل دهند. علیرغم گذراندن اکثریت قریب به اتفاق زندگی ما در محیطهای بسته، این حوزه تحقیقاتی تا حد زیادی در جامعه شیمی اتمسفر مورد مطالعه قرار نگرفته و در نتیجه، بسیاری از این ترکیبات و تأثیرات آنها بر انسان ناشناخته و غیرقابل اندازه‌گیری هستند(13) .

پایش آلودگی هوای داخلی در ایتالیا در چارچوب پروژه ذرات بسیار ریز ناشی از انتشارات ترافیک و سلامت کودکان و بر اساس متوسط اندازه گیریها انجام می شود. این بررسی شامل نظارت بر ذرات بسیار ریز با اندازه 0/1 میکرومتر تا ۱۰۰ نانومتر است که عمدتاً از منابع حمل و نقل منشا می گیرند. این ذرات دارای سطح ویژه بالایی هستند، می‌توانند برای واکنش‌های شیمیایی نقش کاتالیزور را ایفا کنند و مقادیر بالایی از مواد سمی را جذب کنند که می‌توانند در حین استنشاق به عمق ریه‌ها منتقل شوند. این ذرات همچنین می توانند وارد گردش خون شوند و ایمنی بدن را تحت تأثیر قرار می دهد(14).

اندازه گیری ذرات منازل مسکونی مناطق ۱و ۵ شهر تهران در ایستگاه های ۱۱ و ۱۶ دارای بیشترین مقادیر ذرات معلق ۱۰ میکرون، به ترتیب ۱۹۱ و ۱۱۸/۶۷ میکرومتر بر متر مکعب هستند.همچنین مقادیر ۲/۵ میکرون در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای مقادیر معادل ۵۱ و ۴۹/۶۶ و ذرات با غلظت یک میکرون در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای حداکثر مقادیر معادل ۴۵ و ۴۲/۳۳ میکرو گرم بر سانتیمتر مکعب هستند. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از سنجش PM 10و PM2/5 و PM1 در مناطق ۱و ۵ شهرداری تهران، می توان دریافت که بین مقادیر ارتباط معناداری وجود دارد یعنی به نحوی که وقتی مقدار ذرات معلق ۱۰ میکرون بالاست، مقادیر ذرات آلاینده ۲/۵ و ۱ میکرون نیز افزایش می یابد(15).

1- National Ambient Air Quality Standard

مطالعه ای که با هدف بررسی میزان غلظتPM10 و PM2/5در چهار ایستگاه زیرزمینی مترو شهر تهران (آزادی، انقلاب، توحید و ولی عصر) و مقایسه آن ها با غلظت این ذرات در هوای آزاد، انجام شد، نشان داد که میانگین سالانه غلظتPM10 و PM2/5 در چهار ایستگاه های متروی مذکور به ترتیب ۶۸ و ۴۷ میکروگرم برمترمکعب و در هوای آزاد اطراف این ایستگاه ها به ترتیب ۴۲ و ۲۹ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که در محیط داخل چهار ایستگاه زیرزمینی متروی مورد نظر، میزان میانگین سالانه غلظت PM10 و PM2/5 به ترتیب، ۱/۵ – ۱/۷ برابر مقدار غلظت آن ها در هوای آزاد بوده است(16). همچنین مطالعه دیگری با عنوان تعیین میزان غلظت PM2/5 و PM10 در سیستم متروی چین تایپه انجام شده است. در این مطالعه میانگین غلظت ذرات معلق در داخل ایستگاه های مترو در مقایسه با هوای محیط آزاد بیش تر و نسبت غلظتPM2/5 و PM10 در محیط داخل ایستگاه در مقایسه با هوای محیط آزاد به ترتیب ۰/۶۵ – ۱/۵۳ و ۱/۷۵-۰/۸۹ برابر بود (17). در مطاله ای که به منظور اندازه گیری PM10 میکرون در مترو شهر سئول با استفاده از روش پراکندگی نور با کمک تکنیک تحلیل رگرسیون خطی انجام شد نشان داد که فن‌های تهویه می‌توانند کیفیت هوا را بهبود بخشند و غلظت PM10 را در تونل‌ها کاهش دهند. (18)

به منظور حل مسائل مربوط به کیفیت هوای داخلی، ما به مجموعه ای از متخصصان نیازمند هستیم تا نظراتشان در مورد طراحی، برنامه ریزی و اجرای اقدامات لازم در جهت بهبود کیفیت هوای داخلی، و همین طور برنامه های کنترلی را در اختیار ما بگذارند .به طور کلی متخصصان نیازمند شناسایی یکسری از پارامترهای کلیدی هستند که باید در هوای داخلی ساختمان های مختلف بر اساس کاربری که در حال حاضر دارند مانند تجاری، مسکونی یا مکان های حساس (مکان های حساس شامل مدارس، بیمارستان ها و بناهای های قدیمی میباشد .به این علت حساس نامیده میشود که کارکنان و یا ساکنان آن از قشر های آسیب پذیر مثل کودکان، سالمندان و زنان هست) اندازه گیری شوند.در حقیقت نمایشگاه های صنعتی معمولی مسئول حجم زیادی از انتشار CO_2 هستند و باید تلاش شود تا تاثیرات زیست محیطی آنها کاهش یابد (19). تردد ماشین الات جهت انتقال تجهیزات به سالن های نمایشگاهی و نیز تهویه نامناسب می تواند نقش قابل توجهی در تولید گاز مونواکسید کربن و سایر آلاینده ها داشته باشد.

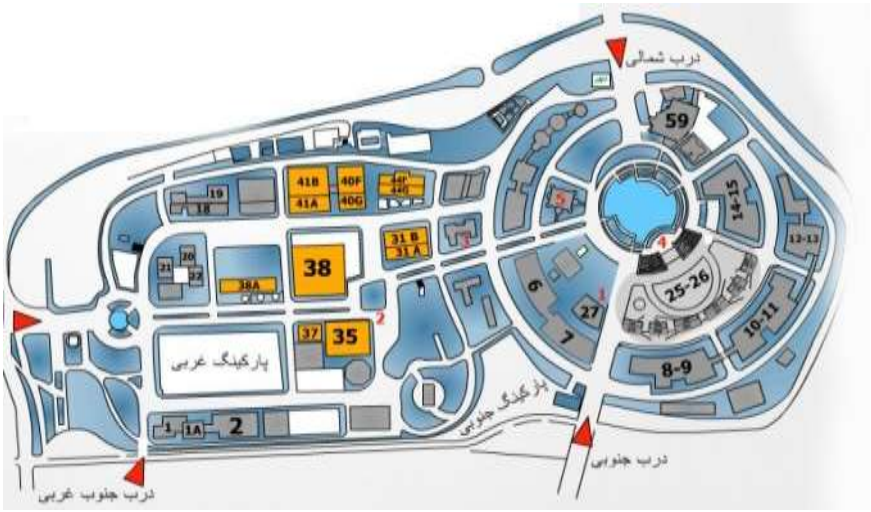
روش پژوهش:

-اندازه گیری کیفیت هوای داخل سالنها

اندازه گیری آلاینده های هوا در محیطهای باز با محیط های بسته متفاوت بوده و تابع شرایطی نظیر رطوبت، فعالیتهای انسانی و دمای محیط است.بنابراین،در تعیین یک مکان برای نمونه برداری باید بدانیم که هوا در داخل یک محیط توزیع یکنواختی ندارد .پس ما باید به دنبال مکانی باشیم که بالاترین میزان غلظت ناخالصی و یا آلودگی را دارد .دوم، در چه زمانی نمونه برداری انجام شود. زمان نمونه برداری باید به گونه ای انتخاب شود که معرف شرایط واقعی کیفیت هوای داخل سالن نمایشگاهی باشد.

ذرات معلق آلاینده ۲/۵ و ۱۰ میکرون در سال ۱۳۹۹ در هوای داخل سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران در زمان برگزاری نمایشگاه بین المللی فرودگاه، هواپیما، پرواز، صنایع و تجهیزات وابسته اندازه گیری شده اند. این سالن با ظرفیت ۵۸۵۲ متر مربع و با طول ۸۰ متر و عرض ۷۳ متر و ارتفاع حداکثر۸ متر یکی از بزرگترین سالنهای نمایشگاهی تهران می‌باشد (شکل ۱). این سالن دارای ۴ورودی و ۴خروجی با تهویه مطبوع، سامانه گرمایشی و سرمایشی از نوع هواساز می باشد. ۳ ایستگاه در این سالن جهت اندازه گیری ذرات معلق در نظر گرفته شده تا معرف وضعیت تغییرات هوا در داخل سالن باشد. این نمونه برداری طی ساعات پیک جمعیت بازدید کننده از نمایشگاه و سه بار در هر روز و طی چهار روز برگزاری نمایشگاه اندازه گیری شده است.دستگاه های سنجش در سه نقطه و در ارتفاع تنفسی افراد(حدود ۱/۵ متر از سطح زمین) و در داخل سالن شماره ۳۸ نصب و تغییرات غلظت را اندازه گیری نموده اند. دستگاه مورد استفاده جهت اندازه گیری ذرات معلق آلاینده پمپ مکش SKC بوده که در ارتفاع تنفسی یک و نیم

متری نصب شده بود.و فیلتر مورد استفاده از نوع فایبر گلاس و به قطر ۲۵ میلیمتر بوده و مدت زمان اندازه گیری بر اساس استاندارد ۲۴ ساعت می باشد(۲۰). با اندازه گیری وزن فیلتر در زمان قبل از نصب و زمان بعد استفاده میزان ذرات جذب شده اندازه گیری شده اند.برای توزیع ذرات معلق از دستگاه شمارنده ذرات موجود در هوا که میزان ذرات معلق را بر حسب میلی گرم بر متر مکعب تبدیل میکند استفاده و با توجه به نوع نازل بکار رفته غلظت ذرات در اندازه های ده میکرون و دو نیم میکرون تعیین شدند. با توجه به تغییرات فصلی غلظت آلاینده های هوا در فضای بیرون نمایشگاه که تابعی از شرایط اقلیمی و نیز تغییرات منابع آلاینده میباشند و از طرفی تحت تاثیر قرار گرفتن کیفیت هوای داخل سالنها ناشی از تغییرات هوای بیرون سالنها و سایتهای نمایشگاهی و با هدف بررسی روند تغییرات یک ساله و در فصول مختلف سال اندازه گیری شاخص آلودگی هوای داخل سالنها برای ذرات ۱۰ و ۲/۵ میکرون انجام شده است. نتایج آزمایشات در نرم‌افزار Excel وارد گشته و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS بازخوانی و تحلیل شد. همچنین داده‌های حاصل از اندازه گیری آلودگی هوای داخل سالنهای نمایشگاهی با استاندارد ایمنی و بهداشت ایران و سازمان بهداشت جهانی مقایسه شده اند.



شکل ۱- موقعیت محل نمونه برداری، سالن شماره ۳۸ درنمایشگاه بین المللی تهران

Figure 1. Tehran International Exhibition Hall No. 38 sampling location

یافته ها

- آلودگی هوای داخل سالنها

شاخص آلودگی هوا در داخل سالن های نمایشگاهی یکی از مهمترین متغییر در خصوص تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم فعالیتهای نمایشگاهی بر سلامت برگزار کنندگان، مشارکت کنندگان و بازدید کنند گان می باشد.بر اساس اندازه گیری های انجام شده ذرات معلق آلاینده ها در سالن شماره ۳۸ و در طی یک سال متوالی و در فصول چهار گانه سال برای ذرات ۲/۵ و ۱۰ میکرون مطابق جداول ۱ و ۲، اندازه گیری شده‌اند.

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵ درصد ذرات معلق ۱۰ میکرون در فصول سال- سالن شماره ۳۸

Table 1. Average, standard deviation, and 95% confidence level of PM_{10} particulate matter for seasons in Hall No. 38.

فصل	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد ۹۵ درصد	
			حد بالا	حد پایین
بهار	۹۸/۳۳	۱۳/۷	۱۱۸	۶۶
تابستان	۱۲۶/۴۴	۱۵/۴	۱۵۲	۱۰۷
پاییز	۱۸۰/۸	۲۰/۹۵	۱۹۸	۱۲۸
زمستان	۱۰۶	۲۱/۳۴	۱۴۱	۷۷

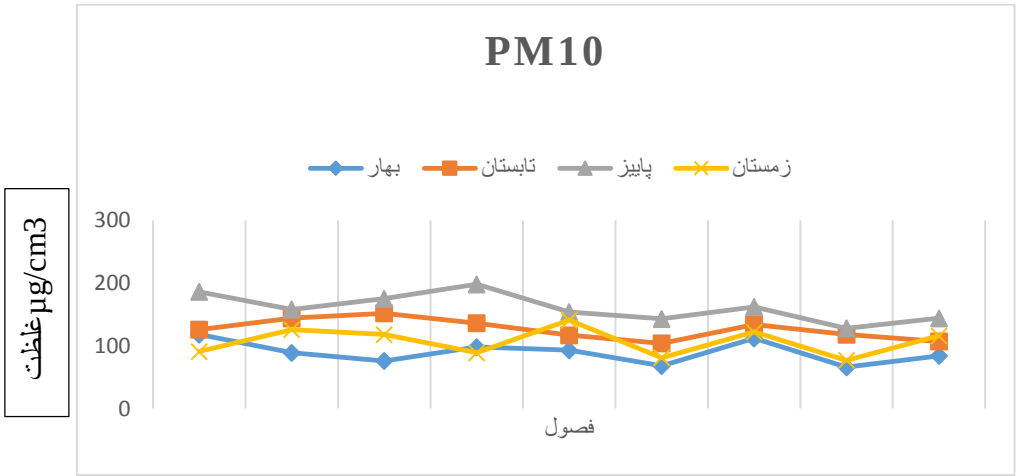
جدول ۲ -میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵ درصد ذرات معلق ۲/۵ میکرون در فصول سال - سالن شماره ۳۸

Table 2. Average, standard deviation, and 95% confidence level of $PM_{2.5}$ particulate matter for seasons in Hall No. 38.

فصل	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد ۹۵ درصد	
			حد بالا	حد پایین
بهار	۲۶/۷	۳,۲	۳۶	۱۹
تابستان	۳۳/۱	۵	۴۶	۲۷
پاییز	۳۸	۱۱	۵۹	۲۷
زمستان	۲۹/۱	۷	۴۴	۲۱

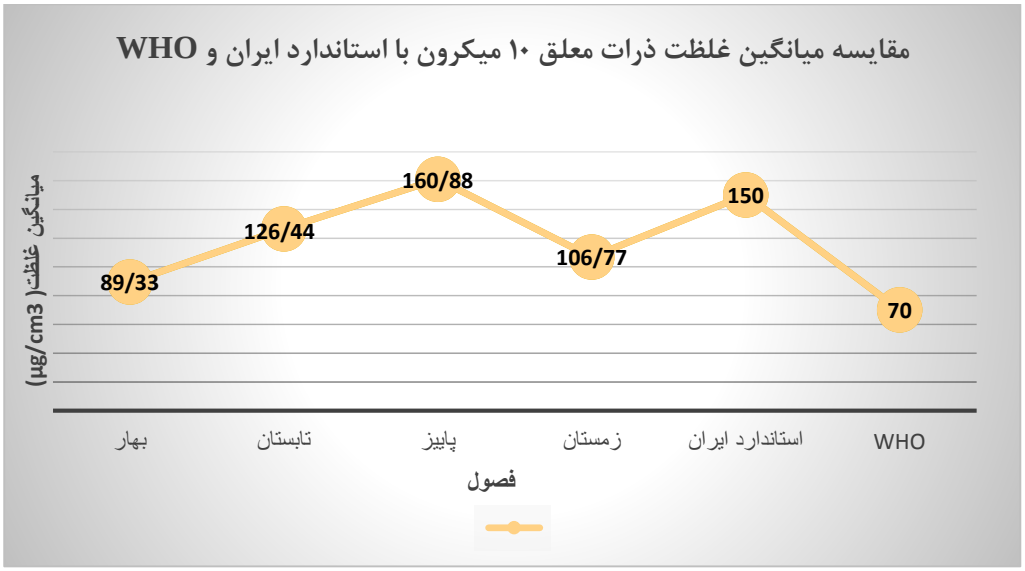
به منظور برر سی داده های حا صل از اندازه گیری آلودگی هوای داخل سالن های نمایشگاهی که در طی فصول مختلف سال و هنگام برگزاری نمایشگاه ها انجام شد، ضروری ا ست تا مقادیر اندازه گیری شده با سطح استاندارد بهداشتی در معرض قرارگیری ذرات آلاینده قرار گیرد.

همچنین نمودار های ۱ تغییرات غلظت آلودگی هوای دا خل سالن را برای ذرات ۱۰ میکرون در فصول مختلف سال و نمودار ۲ مقایسه با حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان بهداشت جهانی را برای ذرات ۱۰ میکرون نشان می‌دهند.



نمودار ۱ -مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق با استاندارد ایران در فصول مختلف سال برای ذرات ۱۰ میکرون با استاندارد.

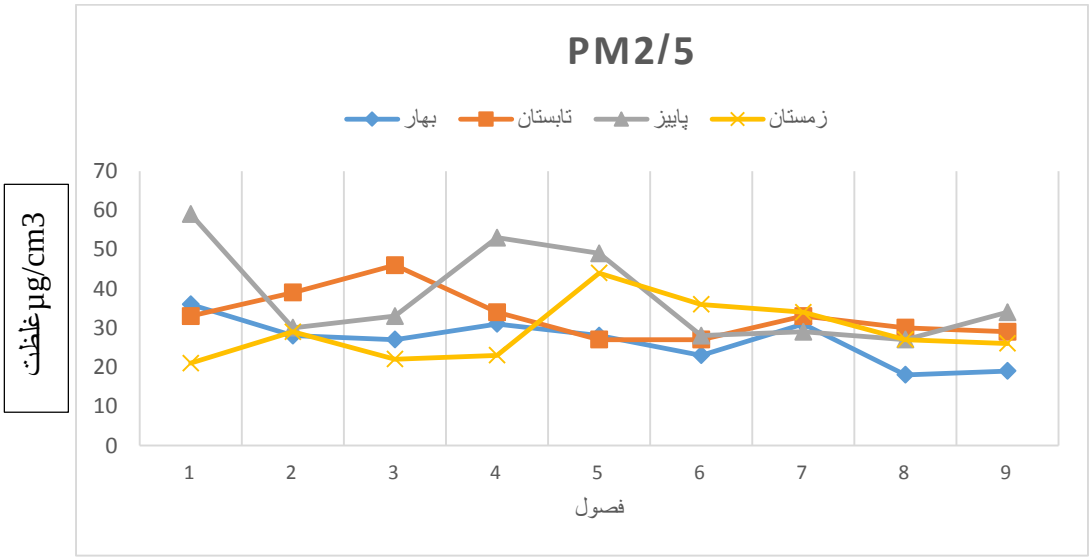
Diagram 1. Mean comparison concentration of PM_{10} particulate matter with the Iran standard in different seasons.



نمودار۲-مقایسه میانگین ذرات ۱۰ میکرون اندازه گیری شده با استاندارد

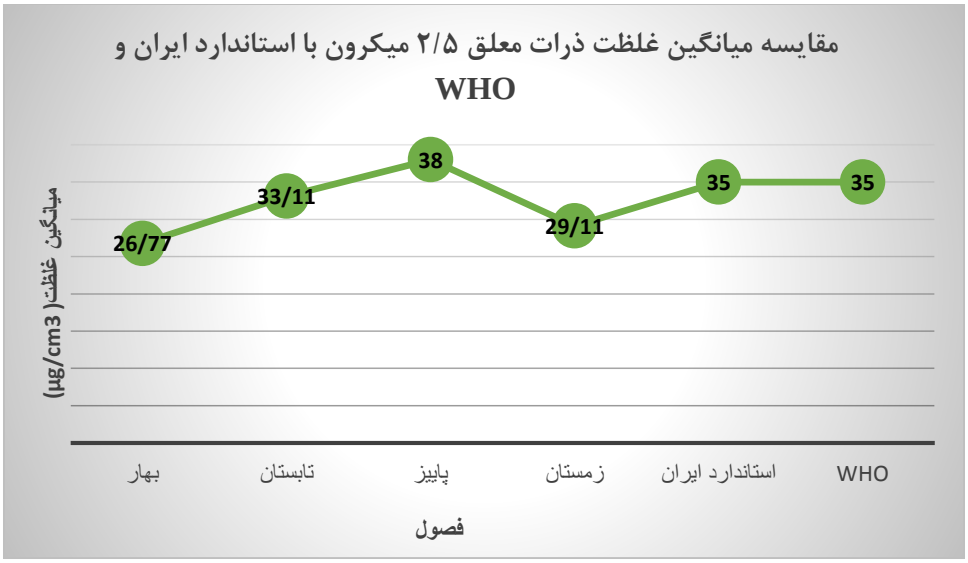
Diagram 2. Mean comparison of the measured PM_{10} particulate matter with the standard

نتایج تغییرات ذرات آلاینده ۲/۵ میکرون در فصل های مختلف سال در نمودار ۳ و مقایسه میزان استاندارد در معرض قرار گیری ذرات ۲/۵ میکرون در نمودار ۴ دیده می شود.



نمودار ۳ -مقایسه میانگین غلظت ذرات معلق با استاندارد ایران در فصول مختلف سال برای ذرات ۲/۵ میکرون با استاندارد.

Diagram 3. Mean comparison concentration of $PM_{2.5}$ particulate matter with the Iran standard in different seasons.



نمودار۴ -مقایسه میانگین ذرات ۲/۵ میکرون اندازه گیری شده با استاندارد

Diagram 4. Mean comparison concentration of $PM_{2.5}$ particulate matter with the standard

بحث و نتیجه گیری

-ذرات معلق ۱۰ میکرون

با توجه به اندازه گیری غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون در سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی جمهوری اسلامی ایران در تهران در طی یک سال متوالی و در فصول مختلف، تغییرات میانگین مقادیر اندازه گیری شده مطابق نمودار ۱ نشاندهنده تغییر غلظت این آلاینده در فصول مختلف سال می باشد. همانطور که در این نمودار دیده می شود، فصل پاییز بیشترین مقدار میانگین فصلی را نشان میدهد.با توجه به جدول ۱ میانگین فصلی این مقدار ۱۶۰/۸ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب بوده و در همین فصل،حداکثر مقدار اندازه گیری شده ۱۹۸ می‌باشد. میانگین ذرات معلق ۱۰ میکرون درفصل بهار تقریبا یک دوم فصل پاییز بوده و فصل تابستان و زمستان در رده های بعدی قرار دارند.با توجه به استاندارد ۲۴ ساعته سازمان حفاظت محیط زیست ایران که مقدار درمعرض قرار گیری ذرات معلق ۱۰ میکرون را ۱۵۰ میکرو گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین کرده است می توان نتیجه گرفت که در فصل پاییز نه تنها بیشرین مقدار اندازه گیری شده ثبت شده است بلکه از حد تعیین شده سازمان حفاضت محیط زیست ایران نیز بیشتر میباشد. دلایل متعددی در این خصوص وجود دارد و مهمترین آن تغییرات غلظت آلاینده هوا در هوای آزاد (بیرون سالن های نمایشگاهی) و تاثیر آن بر کیفیت هوای داخل سالن های نمایشگاهی می‌باشد. بر اساس اندازه گیری شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، کاهش کیفیت هوا و افزایش قابل توجه ذرات معلق و آلاینده هوا در شهر تهران در فصل پاییز اثبات شده است. مطالعات نشان داده است که بین کیفیت هوای فضای آزاد و فضاهای بسته رابطه مستقیمی وجود داشته به نحوی که کیفیت هوای داخل می تواند تا چندین برابر هوای خارج افزایش دا شته باشد. با توجه به اینکه سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین‌المللی تهران یکی از سالن های مجهز این مجموعه بوده و دارای سیستم های تهویه و کنترل برودت و حرارت میباشد،درنتیجه از انباشت زیاد و تمرکز هوا جلوگیری و مانع از افزایش غلظت آلاینده ها می شود. همانگونه که درنمودار ۲دیده میشود، غلظت استاندارد ۲۴ ساعته و توصیه شده سازمان بهداشت جهانی ۷۰ میگرو گرم بر سانتیمتر مکعب است و بر این اساس می توان نتیجه گرفت که تقریبا در کلیه فصول مقادیر اندازه گیری شده بالاتر از این استاندارد است.

این موضوع نشان می دهد که پایش و تهویه هوا در مناطقی که تجمع انسانی دارند و رویداد برگزار می کنند دارای اهمیت زیادی میباشد.نکته ای که در خصوص این مقدار در معرض قرارگیری اهمیت دارد این است که افرادی که برای بازدید از

نمایشگاه به سالن های مربوطه مراجعه مینمایند معمولا مدت زمان حدود ۲ ساعت را در سالن سپری می نمایند. باید توجه داشت که برگزار کننده گان و غرفه داران حداقل بین ۸ تا ۱۰ ساعت را به طور پیوسته در سالنهای نمایشگاهی سپری می‌نمایند لذا توصیه میشود مقادیر استاندارد به توصیه سازمان بهداشت جهانی نزدیک باشد.برای کنترل کیفیت هوای داخل سالنها توصیه می شود از مصرف دخانیات، فرش و موکت های کم کیفیت، وسایل تولید کننده آلودگی ،پرهیز و نظافت پیوسته و نیز تهویه هوشمندو مستمر استفاده کرد.

-ذرات معلق ۲/۵ میکرون

نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت ذرات معلق ۲/۵ میکرون در سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران در طی یک سال متوالی و در فصول مختلف سال ،تغییرات میانگین مقادیر اندازه گیری شده مطابق نمودار۴ نشان دهنده تغییر غلظت این آلاینده در فصول مختلف میباشد.همانطور که در این نمودار دیده میشود ،فصل پاییز بیشترین مقدار میانگین فصلی را نشان میدهد.با توجه به جدول ۲ میانگین فصلی این مقدار ۳۸ میکروگرم بر سانتیمتر مکعب بوده و در همین فصل،حداکثر مقدار اندازه گیری شده ۵۹ میباشد.میانگین ذرات معلق ۲/۵ میکرون درفصل بهار ۲۶/۷ میکرو گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و فصل زمستان و تابستان در ردهای بعدی قرار دارند.با توجه به استاندارد ۲۴ ساعته سازمان حفاظت محیط زیست ایران که مقدار درمعرض قرار گیری ذرات معلق ۲/۵ میکرون را ۳۵ میکرو گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین کرده است میتوان نتیجه گرفت که در فصل پاییز نه تنها بیشرین مقدار اندازه گیری شده ثبت شده است بلکه از حد تعیین شده سازمان حفاضت محیط زیست ایران نیز بیشتر میباشد. دلایل متعددی در این خصوص وجود دارد و مهمترین آن تغییرات غلضت آلاینده هوا در هوای آزاد (بیرون سالنهای نمایشگاهی)و تاثیر آن بر کیفیت هوای داخل سالنهای نمایشگاهی میباشد.

مطالعات نشانداده است که بین کیفیت هوای فضای آزاد و فضاهای بسته رابطه مستقیمی وجود داشته به نحوی که کیفیت هوای داخل می تواند تا چندین برابر هوای خارج افزایش داشته باشد.با توجه به اینکه سالن شماره ۳۸ نمایشگاه بین المللی تهران یکی از سالنهای مجهز این مجموعه بوده و دارای سیستم‌های تهویه و کنترل برودت و حرارت می باشد، درنتیجه از انباشت و تمرکز هوا جلوگیری و مانع از افزایش غلظت آلاینده‌ها می شود. نکته ای که در خصوص این مقدار درمعرض قرار گیری اهمیت دارد این است که افرادی که برای بازدید از نمایشگاه به سالنهای مراجعه می نمایند معموال مدت زمان حدود ۲ ساعت را در سالن سپری می نمایند. باید توجه داشت که برگزار کننده‌گان و غرفه داران حداقل بین ۸ تا ۱۰ ساعت را به طور پیوسته در سالنهای نمایشگاهی سپری می نمایند لذا توصیه می شود مقادیر استاندارد به توصیه سازمان بهداشت جهانی نزدیک باشد.

با توجه به سنجش های انجام شده و مقایسه مقادیر ذرات ۱۰ و ۲/۵ میکروگرم می توان نتیجه گرفت که بین این دو ارتباط معناداری وجود دارد.با توجه به مقایسه جداول ۱ و ۲ این ارتباط نه تنها در بین یک فصل بلکه در فصول مختلف نیز دیده می‌شود. باید توجه داشت که مخاطرات بهداشتی و تاثیر بر سلامتی ذرات ۲/۵ میکرون از ذرات ۱۰ میکرون بیشتر است. لذا استفاده از امکانات و تجهیزات کنترل کننده و کاهنده ذرات آلاینده جهت ارتقای کیفیت هوای داخل سالنهای نمایشگاهی توصیه می شود. عمده این روشها شامل استفاده از تجهیزات، فیلتراسیون، جذب و الکترواستاتیک می باشند. بنابراین توصیه می شود در سالنهای اصلی نمایشگاه بین المللی تهران تجهیزات آنلاین اندازه گیری ذرات نصب تا در صورت افزایش مقادیر استاندارد ،تهویه هوا و حذف آلاینده ها صورت گیرد.

References

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al.2018. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet 391(10119):462- 512.
2. Eira M, Prüss,Ustün A, Mudu P.2018. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. The Lancet;392(10154):1178-79

3. Eric Breitung,2020. Indoor Air Quality in the Museum Environment. Workshop on the Indoor Air Quality in the Museum Environment. Department of Scientific Research The Metropolitan Museum of Art. New York, New York.
4. Sotiris, Vardoulakis., Evanthia, G., Susanne, S., Alice, D., Anne, S., Karen, S., & Ken, D., (2020). Indoor Exposure to Selected Air Pollutants in the Home Environment: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 8972.
5. Abdul-Wahab, S.A.; En, S.C.F.; Elkamel, A.; Ahmadi, L.; Yetilmezsoy, K. 2015. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. Atmos. Pollut. Res. 2015, 5, 751–767.
6. Brauer, M.; Freedman, G.; Frostad, J.; van Donkelaar, A.; Martin, R.V.; Dentener, F.; van Dingenen, R.; Estep, K.; Amini, H.; Apte, J.S.; et al.۲۰۱۲. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. Environ. Sci. Technol. 2012, 45, 652–660.
7. Shruti Hegde, Kyeong T. Min, James Moore, Philip Lundrigan, Neal Patwari, Scott Collingwood, Alfred Balch4, Kerry E. Kelly,2020. Indoor Household Particulate Matter Measurements Using a Network of Low-cost Sensors. Aerosol and Air Quality Research, 20: 381–394.
8. Lam, N., K. Smith, A. Gauthier and M. Bates (2012). "KEROSENE: A REVIEW OF HOUSEHOLD.
9. Hoffmann, B.; Moebus, S.; Mohlenkamp, S.; Stang, A.; Lehmann, N.; Dragano, N.; Schmermund, A.; Memmesheimer, M.; Mann,K.; Erbel, R.; et al,2007. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. Circulation, 116, 489–496
10. Hassanvand, M.S.; Naddafi, K.; Faridi, S.; Arhami, M.; Nabizadeh, R.; Sowlat, M.H.; Pourpak, Z.; Rastkari, N.; Momeniha, F.;Kashani, H.; et al. 2014. Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2.5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. Atmos. Environ., 82, 375–382.
11. Adams, K.; Greenbaum, D.S.; Shaikh, R.; van Erp, A.M.; Russell, A.G.2015. Particulate matter components, sources, and health:Systematic approaches to testing effects. J. Air Waste Manag. Assoc.2015, 65, 544–558.
12. Karagulian, F.; Belis, C.A.; Dora, C.F.C.; Pruss-Ustun, A.M.; Bonjour, S.; Adair-Rohani, H.; Amann, M. . 2015 .Contributions to cities'ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. Atmos. Environ, 120,475–483.
13. Shruti Hegde, Kyeong T. Min, James Moore, Philip Lundrigan, Neal Patwari, Scott Collingwood, Alfred Balch4, Kerry E. Kelly,2020. Indoor Household Particulate Matter Measurements Using a Network of Low-cost Sensors. Aerosol and Air Quality Research, 20: 381–394.
14. WHO,Europe,2011. Methods for monitoring indoor air quality in schools. Report from the meeting 4-5 April 2011.Bonn, Germany.
15. Chiara, Civardi.2019.Making industrial exhibitions green A literature research

on the LCA of physical and virtual industrial exhibitions.

16. Bolourchi, Ameneh., Atabi, F ., Moatar, F., & Ehyayee, M., (2018). Investigation on the Concentration of Suspended Particulate Matters in Tehran Underground Subway Stations and Compare it with Ambient Concentrations. Environmental science and technology. 22th, No,6. (In Persian)
17. Chang, S.C., Chou, C.C.K., Chan, C.C. and Lee, C.T., 2010. Temporal characteristics from continuous measurementsof PM2.5 and speciation at the Taipei aerosol supersite from 2002 to 2008. Atmospheric Environment .Vol 44, pp. 1088-1096
18. Gyu-Sik Kim, Youn-Suk Son, Jai-Hyo Lee, In-Won Kim, Jo-Chun Kim,2016. Air Pollution Monitoring and Control System for Subway.Stations Using Environmental Sensors. Hindawi Publishing Corporation.Journal of Sensors.Volume 2016, Article ID 1865614, 10 pages.
19. Ghiyasodin, Mansor., Atabi, F., Hesami, Z., & Mahmodi, M., (2006). Investigating the air quality inside residential houses in District 1 and 5 of Tehran city in terms of airborne particles (PM10). *Journal of Environment*. Year 32, Number 40, Pages 1-8. (In Persian)
20. Ling Zhang, Changjin O, , Dhammika M, Meththika, V, Kanth ,S .2021. Indoor Particulate Matter in Urban Households:Sources, Pathways, Characteristics, Health Effects,and Exposure Mitigation. Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 11055.