Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

ORIGINAL ARTICLE

# *Concentrations of Criteria Air Pollutants and BTEX in Mehrabad International Airport*

Anoushirvan Mohseni Bandpai[1],
Mahdieh Yaghoubi[2],
Mostafa Hadei[3],
Mahmood Salesi[4],
Abbas Shahsavani[5,6]

[1] Professor, Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] PhD Student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Biostatistics, Baqiatollah University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[5] Assistant Professor, Environmental and Occupational Hazards Control Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[6] Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received May 21, 2017 ; Accepted October 24, 2017)

## *Abstract*

**Background and purpose:** Airports are proved to have adverse effects on the air quality of neighboring areas. This study aimed at determining the concentrations of air pollutants including $PM_{10}$, $PM_{2.5}$, $O_3$, $NO_2$, $SO_2$, CO, benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) in Mehrabad International Airport.

**Materials and methods:** The samples were taken from two sites (runway and passengers waiting hall) in Mehrabad in December 2015. The concentrations of BTEX, particulate matter, and other gaseous pollutants were measured using gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID), MetOne aerocet 531s, and Aeroqual Series 500, respectively. The effect of meteorological parameters (temperature, wind speed, and relative humidity) on the concentrations of air pollutants were analyzed using nonparametric correlation test.

**Results**: In runway, the temperature was found to have a significant correlation with all the pollutants except $PM_{2.5}$ ($p<0.05$). Relative humidity showed a significant correlation with all pollutants, except $PM_{2.5}$ and $O_3$ ($p<0.05$). Moreover, wind speed was significantly correlated with all the pollutants except $O_3$, $NO_2$, and toluene ($P<0.05$). No significant difference was found between the concentrations of pollutants in two sampling sites, except for benzene, toluene, and ethylbenzene ($p<0.05$).

**Conclusion:** Prevention of air pollution in neighboring areas of Mehrabad airport could be done using appropriate management system and flight schedule planning according to current findings, especially the effect of meteorological parameters.

***Keywords:*** particulate matter, benzene, toluene, ozone, PM10

**J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28 (160): 76-87 (Persian).**



Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و هشتم شماره ۱۶۰ اردیبهشت سال ۱۳۹۷ (۸۷-۷۶)

# غلظت و عوامل موثر بر آلاینده های معیار هوا و BTEX در فرودگاه بین المللی مهرآباد

انوشیروان محسنی بندپی[۱]
مهدیه یعقوبی[۲]
مصطفی هادئی[۳]
محمود ثالثی[۴]
عباس شاهسونی[۵،۶]

## چکیده

**سابقه و هدف:** وجود فرودگاه‌ها در شهرها تاثیر زیادی بر روی کیفیت هوای مناطق اطراف آن بر جای می‌گذارد. این مطالعه با هدف تعیین غلظت و پارامترهای موثر بر آلاینده‌های معیار هوا شامل $PM_{10}$، $PM_{2.5}$، $NO_2$، $O_3$، $SO_2$، CO، و آلاینده‌های BTEX شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در فرودگاه مهرآباد انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** نمونه‌برداری از آلاینده‌ها در دو نقطه باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین طی ماه دی سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. غلظت BTEX، آلاینده‌های ذره‌ای و سایر آلاینده‌های گازی به ترتیب توسط کروماتوگرافی گازی-آشکارسازی یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID)، دستگاه MetOne aerocet 531s و دستگاه Aeroqual Series 500 اندازه‌گیری شد. تاثیر پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد و نیز زمان و مکان نمونه برداری بر غلظت آلاینده ها سنجیده شد.

**یافته‌ها:** در باند فرودگاه، پارامتر دما روی غلظت تمامی آلاینده ها به استثنای $PM_{2.5}$ تاثیر معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). پارامتر رطوبت روی غلظت تمامی آلاینده‌ها غیر از $PM_{2.5}$ و $O_3$ تاثیر معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). سرعت باد بر غلظت آلاینده‌ها به غیر از $O_3$، $NO_2$ و تولوئن دارای تاثیر معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$). بین غلظت‌های آلاینده‌ها به جز تولوئن و اتیل بنزن در دو نقطه نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$).

**استنتاج:** پیشگیری از آلودگی هوا برای مناطق اطراف فرودگاه می‌تواند با استفاده از طراحی سیستم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح پروازها بر اساس یافته های این مطالعه به خصوص در مورد تاثیر پارامترهای هواشناسی انجام گیرد.

**واژه های کلیدی:** ذرات معلق، بنزن، تولوئن، ازن، $PM_{10}$

## مقدمه

آلودگی هوا به عنوان مهم‌ترین عامل خطر محیطی در جهان معرفی شده است(۱). مطابق گزارشی از سازمان بهداشت جهانی، سالانه هفت میلیون مرگ درجهان منتسب به‌آلودگی هوای آزاد و داخل ساختمان می‌باشد(۲). در ایران نیز مطالعات زیادی پیرامون کمی سازی اثرات بهداشتی آلودگی هوا انجام شده است(۵-۳). به طور کلی،

**مولف مسئول: عباس شاهسونی**- تهران: دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط E-mail:ashahsavani@gmail.com
۱. استاد، مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط ، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
۵. استادیار، مرکز تحقیقات کنترل عوامل زیان آور محیط و کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۶. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۶/۲/۳۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۶/۳/۳ تاریخ تصویب : ۱۳۹۶/۸/۲



www.SID.ir
Archive of SID

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

شناخت انواع و سهم منابع دخیل در آلودگی هوا از جمله بخش حمل ونقل حایزاهمیت بسیاری است(۷،۶). انتشارات آلاینده‌های هوا از حمل و نقل زمینی مانند حمل و نقل جاده‌ای و ریلی اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی غلظت آلودگی هوا دارد(۸). حمل و نقل هوایی نیز به دلیل سهم عمده در صنعت حمل و نقل، تاثیر رو به رشدی بر روی آلودگی اتمسفر بر جای گذاشته است(۱۰،۹). علاوه بر آلاینده‌های تولید شده هنگام سفرهای هوایی که در ارتفاعات بالا رخ می‌دهد، فرودگاه‌ها نیز در معرض آلودگی ناشی از هواپیماها هستند. فرودگاه‌ها که معمولاً نزدیک مناطق مسکونی قرار دارند، با رفت و آمد زیاد مسافران و نیز کارمندان مواجه می‌باشند(۹). انتشارات ناشی از هواپیما در فرودگاه‌ها به چرخه فرود-پرواز (LTO) مرتبط می‌باشد که ۱۰ درصد از مصرف سوخت هواپیما را به آن منتسب می‌دانند(۱۱). با در نظر گرفتن سوخت هواپیماها، از آلاینده‌های ناشی از انتشارات فرودگاه‌ها می‌توان به آلاینده‌های معیار همچون ذرات معلق، دی‌اکسید نیتروژن ($NO_2$)، ازن ($O_3$)، دی اکسید گوگرد ($SO_2$)، ترکیبات آلی فرار (VOC)، گازهای گلخانه‌ای و غیره اشاره کرد(۱۴-۱۲). آلاینده‌های معیار هوا در ایران با توجه به استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد عبارتند از ذرات معلق کم‌تر از ۱۰ میکرومتر ($PM_{10}$)، ذرات معلق کم‌تر از ۲/۵ میکرومتر ($PM_{2.5}$)، $NO_2$، $O_3$، $SO_2$،CO، بنزن وسرب. این آلاینده‌ها با پیامدهای بهداشتی متعددی همچون بیماری‌های قلبی- عروقی، بیماری‌های تنفسی، سرطان و... مرتبط دانسته شده‌اند(۱۵-۱۹). البته ترکیب شیمیایی ذرات نیز در بروز اثرات آن تاثیر زیادی دارد(۲۳-۲۰). گزارش‌های زیادی در مورد غلظت این آلاینده‌ها در تهران وجود دارد. در یک مطالعه، غلظت‌های میانگین سالانه $PM_{2.5}$ در شهر تهران در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ بین ۵-۳ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO) عنوان شد(۳). غلظت میانگین سه ساله آلاینده‌های $PM_{10}$، $PM_{2.5}$، $O_3$، $NO_2$ و $SO_2$ در بین سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به ترتیب ۸۲/۲۱، ۳۹/۱۷، ۵۴/۸۸، ۱۰۳/۹۷ و ۳۹/۸۴ برحسب $\mu g/m^3$ گزارش شد، که این غلظت‌ها چند مرتبه بیش‌تر از رهنمودهای WHO بودند(۲۴). کرمانی و همکاران، کل مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را حدود ۲۰۰۱۵ تخمین زدند(۳). هم‌چنین در مطالعه ای دیگر، تعداد بستری‌های بیمارستانی قلبی- عروقی و تنفسی منتسب به $PM_{2.5}$ در تهران و در همان بازه زمانی به ترتیب ۲۰۹۹۰ و ۵۴۳۴۲ عدد تخمین زده شد. تعداد مرگ منتسب به ازن و دی اکسید نیتروژن نیز در سال ۲۰۱۴ به ترتیب ۹۴۶ و ۱۵۹۳ بوده است(۲۵).

در مطالعه هادئی و همکاران، تعداد مرگ و میر کل منتسب به آلاینده‌های $PM_{10}$، $PM_{2.5}$، $O_3$، $NO_2$ و $SO_2$ در بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به ترتیب ۴۱۹۲، ۴۳۳۶، ۱۳۶۳، ۲۸۳۰ و ۱۲۱۶ مورد گزارش شد(۲۴). علت اصلی آلودگی هوای تهران را منابع متحرک ذکر کرده‌اند، که این مشکل توسط پدیده ریزگردها تشدید نیز می‌شود(۲۷،۲۶).

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن که به اختصار BTEX نامیده می‌شوند، به علت خاصیت چربی دوستی، اندازه کوچک ذرات و عدم وجود بار یونی قادرند تا از طریق غشاهای زیستی همچون آلوئول‌ها، دیواره دستگاه گوارش و پوست به سرعت جذب شوند. این مشخصات به همراه فراریت بالای آن‌ها در دمای محیط موجب می‌شود تا استنشاق به عنوان راه اصلی ورود این ترکیبات به بدن شناخته شود(۲۹،۲۸). اثرات بهداشتی کوتاه مدت این ترکیبات عمدتاً بر روی سیستم عصبی است. هر چند اثرات سمیت بر روی سیستم تولید مثل نیز به عنوان اثر میان مدت تا بلندمدت آن‌ها شناخته شده است. بنزن نیز به عنوان یکی از عوامل سرطان زای قطعی معرفی شده است(۳۰،۲۸). غلظت‌های بالایی از این ترکیبات در اطراف فرودگاه‌ها گزارش شده است(۱۳). در یک مطالعه، میانگین غلظت های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در منطقه اقدسیه به ترتیب ۱۶/۵۷، ۹/۱۱، ۵/۰۸ و ۵/۹۶ و در منطقه شهر ری به ترتیب ۶۳/۲۴، ۷/۶، ۳۸/۲۳



www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

و ۱۴/۱۳ بر حسب ppb عنوان شد(۳۱). غلظت تولوئن در میدان انقلاب تهران ۰/۱۳۵ ppb گزارش شده است(۳۲).

فرودگاه مهرآباد در منطقه غربی شهر تهران واقع شده است. بر پایه آمار منتشر شده، در سال ۱۳۸۹، بالغ بر ۱۰۹ هزار پرواز از این فرودگاه انجام شد که در نتیجه آن ۱۱۲ هزار تن بار و ۱۳ میلیون نفر مسافر اقدام به جابجایی از این فرودگاه کردند. به‌طورکلی روزانه حدود ۱۵۰ LTO در فرودگاه مهرآباد رخ می‌دهد(۳۳). از سوی دیگر در حال حاضر با رشد و توسعه شهر، فرودگاه مهرآباد اکنون در میان کارخانجات مختلف و مراکز مسکونی و تجاری با تراکم جمعیتی بالا قرار گرفته است. به طوری که فاصله بین باند فرودگاه و نزدیک‌ترین محلات تنها ۲۵۰ متر می‌باشد(۳۴). هم‌چنین در یک گزارش بیان شده است که حدود ۲۵ درصد از آلودگی هوای تهران تنها با وجود فرودگاه بین‌المللی مهرآباد ایجاد می‌شود(۳۴). در سال ۱۳۸۶ مطالعه‌ای در مورد تأثیر آلایندگی فرودگاه مهرآباد در کیفیت هوای منطقه با استفاده از معادلات و ضریب انتشار آلاینده صورت گرفت. در این مطالعه با استفاده از نوع موتور، تعداد نشست و برخاست‌های صورت گرفته و...، مقدار آلاینده‌های منتشر شده در محوطه فرودگاه محاسبه شد. بر اساس نتایج، میزان ذرات ۵۰۰ کیلوگرم، دی‌اکسید گوگرد ۵۴۰ کیلوگرم، مونوکسیدکربن ۷۵۰۰ کیلوگرم، ناکس ۳۳۰۰ کیلوگرم، اکسید نیتروس ۶۰ کیلوگرم، دی‌اکسیدکربن ۱۸۰۰ تن در یک شبانه‌روز به دست آمد، که ناشی از چرخه LTO بیش از ۱۵ نوع هواپیما بود(۳۵،۳۴). هم‌چنین در سال ۱۳۹۲ نیز شرکت کنترل کیفیت هوای تهران با استفاده از یک رویکرد مدلسازی اقدام به گزارش سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران نمود، که بخشی از آن به فرودگاه مهرآباد اختصاص دارد(۳۳).

با توجه به این مطالب، بررسی میزان غلظت آلاینده‌های مختلف هوا در این فرودگاه که به طور مستقیم بر روی مواجهه جمعیت‌های انسانی پیرامون اثرگذار است، حائز اهمیت می‌باشد.

مطالعات متعددی در دنیا در مورد غلظت آلاینده‌ها در فرودگاه‌های شهرهای مختلف انجام شده است. در یک مطالعه، میزان انتشار آلاینده‌های ذره‌ای، VOCs و گازهای گلخانه‌ای از فرودگاه‌های بین‌المللی کشور کشور کره‌جنوبی مورد بررسی قرار گرفت(۹). در مطالعه‌ای دیگر، غلظت چند نوع VOC از جمله بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و... در فضای آزاد و درون ساختمان‌های نزدیک یک فرودگاه در آمریکا مورد سنجش قرار گرفت(۱۳). در یک مطالعه دیگر، منابع و غلظت های ذرات معلق در نزدیکی یک فرودگاه در شهر بارسلونا بررسی گردید(۱۲). اما در کشور ایران، مطالعه‌ای درمورد غلظت‌های آلاینده‌ها در هوای آزاد فرودگاه‌ها صورت نگرفته است. به همین علت، انجام مطالعه‌ای پیرامون غلظت آلاینده‌های هوا در فرودگاه‌های کشور به خصوص فرودگاه‌های نزدیک سکونتگاه‌های انسانی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

این مطالعه با هدف تعیین غلظت آلاینده‌های معیار هوا شامل $PM_{10}$، $PM_{2.5}$، $NO_2$، $O_3$، $SO_2$، CO، و نیز آلاینده‌های BTEX شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در هوای باند فعال و سالن انتظار مسافرین فرودگاه بین‌المللی مهرآباد انجام گرفت. هم‌چنین تاثیر پارامترهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد بر غلظت آلاینده‌ها سنجیده شد. در نهایت مقایسه‌ای بین غلظت آلاینده‌ها برحسب زمان ومکان نمونه‌برداری صورت گرفت.

## مواد و روش ها

فرودگاه مهرآباد در مختصات جغرافیایی ″35°41′21 شمالی و ″51°18′49 شرقی قرار گرفته است. این مطالعه به صورت مقطعی و از نوع توصیفی-کاربردی می باشد که در فاصله زمانی یک ماه به صورت ۳ روز در میان در فصل زمستان (ماه دی) سال ۱۳۹۴ (مجموعاً ۱۰ نوبت نمونه‌برداری) در سالن انتظار مسافرین و باند فعال فرودگاه با توجه به حداکثر و حداقل تعداد پروازها در دو نوبت صبح و عصر در روزهای تعطیل و غیر تعطیل انجام پذیرفت. از ۱۰ نوبت



Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

نمونه برداری، ۲ مرتبه در نوبت صبح وضعیت هوا پایدار بود و یک مرتبه هم وارونگی دما وجود داشت.

نمونه‌برداری BTEX مطابق استاندارد NIOSH ۱۵۰۱ به مدت ۱ ساعت با استفاده از لوله‌های کربن فعال دو بخشی و پمپ SKC مدل 224.44EX با دبی ۰/۲ برحسب L/min صورت پذیرفت. بدین منظور جاذب و پمپ و سایر تجهیزات نمونه برداری در ارتفاع تنفسی ۱/۵ متر از سطح زمین در ایستگاه‌های مورد نظر (وسط سالن انتظار، و در یکی از ایستگاه‌های بارگیری مسافر باند فعال) قرار گرفتند. پس از پایان مدت زمان نمونه‌برداری، جاذب‌ها مسدود شده و در جعبه یخ، ظرف حداکثر یک روز به آزمایشگاه منتقل شدند. سایر آلاینده‌ها توسط دستگاه‌های قابل حمل اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری غلظت BTEX (تولوئن، زایلین، اتیل بنزن، بنزن) از روش NIOSH (1501) تبعیت گردید(۳۶). در این روش از جاذب‌های جامد کربن فعال جهت نمونه برداری، محلول $CS_2$ برای استخراج ترکیب از جاذب و نیز از کروماتوگرافی گازی/آشکارساز یونیزاسیون شعله (GC/FID) جهت آنالیز نمونه‌ها استفاده شد. برای سنجش آلاینده‌های معیار $NO_2$، $O_3$، $SO_2$ و CO دستگاه aeroqual series 500 (aeroqual- نیوزلند) استفاده شد. برای سنجش ذرات معلق نیز دستگاه MetOne aerocet 531s (MetONE- آمریکا) به کار رفت. جهت بررسی تاثیر شرایط جوی در افزایش یا کاهش میزان آلودگی با استفاده از دماسنج (مدل KIMO HD 50- فرانسه)، آنمومتر (مدل ST-618-آمریکا) و رطوبت سنج (مدل KIMO HD 50 - فرانسه) به ترتیب دما، سرعت باد و رطوبت نسبی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

به منظور تامین کنترل کیفیت و تضمین کیفیت آنالیزها، اعتباربخشی مطالعه در دو مرحله بررسی گردید. مرحله اول شامل بررسی دقت نمونه‌برداری است، شامل عدم نمونه‌برداری در شرایط غیرعادی (بارش باران، برف و...) که پتانسیل ایجاد تغییر روی میزان مواجهه را دارند، انتخاب مناسب ایستگاه‌های سنجش، استفاده از روش‌های استاندارد جهت نمونه‌برداری، استخراج و آنالیز نمونه‌ها و کالیبراسیون وسایل و تجهیزات نمونه‌برداری. مرحله دوم نیز شامل بررسی صحت و دقت آنالیز نمونه‌ها بود. در این مرحله نیز به روزآوری دستگاه GC (PERKIN ELMER-Sigma 3B) انجام پذیرفت.

در نهایت آنالیز آماری یافته‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. تاثیر پارامترهای هواشناسی برغلظت‌آلاینده‌ها با استفاده از آزمون همبستگی ناپارامتری سنجیده شد. هم‌چنین غلظت آلاینده‌ها در دو نوبت نمونه‌برداری و نیز در دو محل نمونه‌برداری توسط آزمون مان- ویتنی با یکدیگر مقایسه گردید.

## یافته ها

در این پژوهش، غلظت آلاینده‌های هوا شامل $PM_{10}$، $PM_{2.5}$، $NO_2$، $O_3$، $SO_2$، CO و نیز آلاینده‌های BTEX در دو ایستگاه باند فعال فرودگاه و سالن انتظار مسافرین در دو نوبت صبح و عصر بررسی گردید و تاثیر پارامترهای هواشناسی مانند دما، رطوبت و سرعت باد بر روی انتشار آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت آلاینده‌های تحت بررسی به تفکیک محل نمونه‌برداری و نوبت نمونه‌برداری (صبح و عصر) در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

نتایج آزمون همبستگی غیرپارامتری پیرامون ارتباط بین غلظت آلاینده‌های مورد بررسی و مقادیر دما، رطوبت و سرعت باد در زیر ارائه شده است. هم‌چنین به دلیل نرمال نبودن توزیع غلظت آلاینده‌ها، شرایط استفاده از رگرسیون چند متغیره فراهم نبود. در باند فرودگاه، پارامتر دما روی غلظت تمامی آلاینده‌ها به استثنای $PM_{2.5}$ تاثیر معنی‌داری دارد ($p < ۰/۰۵$). هم‌چنین، پارامتر دما بر غلظت تمامی آلاینده‌ها به استثنای ازن تاثیر معکوس دارد. پارامتر رطوبت نیز روی غلظت تمامی آلاینده‌ها غیر از $PM_{2.5}$ و $O_3$ تاثیر معنی‌داری دارد ($p <۰/۰۵$). پارامتر رطوبت بر غلظت تمامی آلاینده‌ها



www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

**جدول شماره ۱:** غلظت (انحراف معیار) آلاینده ها در باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین فرودگاه مهرآباد در دو نوبت صبح و عصر

| آلاینده | واحد | باند فرودگاه | | سالن انتظار مسافرین | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | صبح تعداد(درصد) | عصر تعداد(درصد) | صبح تعداد(درصد) | عصر تعداد(درصد) |
| $PM_{10}$ | µg/m³ | ۶۶/۶ (۲۸/۴۴) | ۵۰/۲ (۴/۰۷) | ۲۱/۲ (۴/۰۷) | ۱۸/۹ (۴/۰۷) |
| $PM_{2.5}$ | µg/m³ | ۹/۹ (۴/۱۸) | ۸/۹ (۳/۹۶) | ۴/۸ (۱/۹۳) | ۴/۳ (۱/۶۳) |
| $O_3$ | ppm | ۹/۸۵ (۳/۴۹) | ۱۴/۴ (۲/۹۴) | ۰/۱۹ (۰/۰۷۳) | ۰/۱۴ (۰/۰۵۱) |
| $NO_2$ | ppb | ۷۸/۷۲ (۳۶/۶۶) | ۵۳/۲۵ (۱۲/۸۴) | ۵۴/۳۶ (۲/۰۱) | ۴۱/۲۹ (۱/۰۴) |
| $SO_2$ | ppb | ۴۹/۸۷ (۲۲/۳۵) | ۲۷/۹۹ (۸/۷۵) | ۱۶/۷۶ (۰/۵۳) | ۱۴/۶۲ (۰/۳۵) |
| CO | ppm | ۱۴/۹ (۴/۷۹) | ۳/۳۲ (۱/۴۳) | ۲/۴۷ (۱/۱۲) | ۲/۰۴ (۰/۵۶) |
| بنزن | ppm | ۰/۱۲۱ (۰/۱۱) | ۰/۰۱ (۰/۰۰۸) | ۰/۰۳ (۰/۰۰۲) | ۰/۰۰۵ (۰/۰۰۰۴) |
| تولوئن | ppm | ۰/۰۷۴ (۰/۰۵۳) | ۰/۰۱۸ (۰/۰۱۷) | ۰/۰۵ (۰/۰۱۷) | ۰/۰۴۲ (۰/۰۱۵) |
| اتیل بنزن | ppm | ۰/۰۲ (۰/۰۲۳) | ۰/۰۰۲ (۰/۰۱۸) | ۰/۰۱۳ (۰/۰۱۸) | ۰/۰۰۵۱ (۰/۰۰۱) |
| زایلن | ppm | ۰/۰۲۹ (۰/۰۲۹) | ۰/۰۰۳ (۰/۰۰۲۳) | ۰/۰۰۰۱ (۱/۴E-۲۰) | ۰/۰۰۰۲ (۸/۷۵E-۵) |
| دما | ° C | ۳/۷۵ (۱/۳۴) | ۱۱/۲ (۲/۲۵) | ۲۰/۱ (۰/۷۹) | ۲۳/۳۹ (۲/۵۵) |
| رطوبت | ٪ | ۶۶/۵ (۶/۵۹) | ۳۳/۷ (۷/۹۹) | ۲۰/۶۴ (۱/۳۹) | ۱۷/۹۴ (۱/۸۴) |
| سرعت باد | m/s | ۴/۶ (۲/۰۷) | ۸/۴ (۶/۷) | – | – |

به استثنای ازن تاثیر مستقیم دارد. از سوی دیگر، سرعت باد بر روی غلظت آلاینده‌ها به غیر از $O_3$، $NO_2$و تولوئن دارای تاثیرمعنی‌داری است($p<۰/۰۵$). سرعت باد بر غلظت تمامی آلاینده‌ها تاثیر معکوس دارد. در سالن انتظار مسافرین، پارامتر دما در سالن انتظار مسافرین روی انتشار $NO_2$، $SO_2$ و زایلن دارای تاثیر معنی‌داری است ($p<۰/۰۵$). پارامتر رطوبت نیز در سالن انتظار مسافرین روی انتشار $NO_2$، $SO_2$، بنزن و زایلن تاثیر معنی‌داری داشت($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود، غلظت هر کدام از آلاینده‌ها در باند فرودگاه از غلظت آن‌ها در سالن انتظار مسافرین بیش‌تر است. هم‌چنین غلظت تمامی آلاینده‌ها به استثنای $O_3$ در باند فرودگاه در نوبت صبح بیش‌تر از نوبت عصر می‌باشد. از سوی دیگر، میانگین غلظت تمامی آلاینده‌های مورد سنجش در سالن انتظار مسافرین در نوبت صبح بیش‌تر از نوبت بعد از ظهر می‌باشد. آزمون مان-ویتنی(Mann–Whitney) برای مقایسه بین مقادیر آلاینده‌ها در نوبت‌های صبح و عصر به کار رفت. نتایج این آزمون نشان داد که به غیر از $PM_{2.5}$ و $PM_{10}$، غلظت سایر آلاینده‌ها در دو نوبت صبح و عصر باند فرودگاه دارای تفاوت معنی‌داری است ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین در مورد سالن انتظار مسافرین نیز، فقط برای آلاینده‌های $SO_2$، $NO_2$، بنزن و زایلن تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های صبح و عصر آن‌ها برقرار بود ($p<۰/۰۵$).

جدول شماره ۲، غلظت آلاینده‌ها را بر حسب مکان نمونه‌برداری نشان می‌دهد. نتایج آزمون مان- ویتنی (Mann–Whitney) نشان داد که بین غلظت‌های آلاینده‌ها به جز تولوئن و اتیل بنزن در دو نقطه نمونه‌برداری باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$).

**جدول شماره ۲:** غلظت (انحراف معیار) آلاینده ها در باند فرودگاه و سالن انتظار مسافرین فرودگاه مهرآباد

| آلاینده | واحد | باند فرودگاه | سالن انتظار |
|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | µg/m³ | ۹/۴ (۳/۹۹) | ۴/۵۵ (۱/۷۶) |
| $PM_{2.5}$ | µg/m³ | ۵۸/۴ (۲۱/۲۱) | ۲۰/۰۵ (۴/۱۸) |
| $O_3$ | ppm | ۱۲/۱۲ (۳/۳۶) | ۰/۱۶ (۰/۰۶) |
| $NO_2$ | ppb | ۹/۱۱ (۶/۱۴) | ۲/۲۵ (۰/۸۹) |
| $SO_2$ | ppb | ۳۸/۹۳ (۱۷/۵) | ۱۵/۶۹ (۱/۱۸) |
| CO | ppm | ۶۵/۹۸ (۲۴/۱۸) | ۴۷/۸۲ (۶/۸۸) |
| بنزن | ppm | ۰/۰۶۶۳ (۰/۰۹۸۳) | ۰/۰۱۶۳ (۰/۰۱۴۲) |
| تولوئن | ppm | ۰/۰۴۶۷ (۰/۰۴۷۱) | ۰/۰۴۷۴ (۰/۰۱۶۷) |
| اتیل بنزن | ppm | ۰/۰۱۱۵ (۰/۰۱۹۲) | ۰/۰۰۹۲ (۰/۰۱۳۶) |
| زایلن | ppm | ۰/۰۱۶۳ (۰/۰۲۴۲) | ۰/۰۰۰۱ (۰) |
| دما | ° C | ۵۰/۱ (۱۸/۲۷) | ۱۹/۲۹ (۲/۱) |
| رطوبت | ٪ | ۶/۵ (۵/۲) | ۰ (۰) |
| سرعت باد | m/s | ۷/۴۷ (۴/۲۲) | ۲۱/۷۴ (۲/۴۹) |

## بحث

*غلظت آلاینده ها*

قرار گیری فرودگاه مهرآباد در غرب تهران و وزش بادهای غالب ۲۷۰ درجه غربی و هم‌چنین مساحت زیاد و بدون مانع باند فرودگاه و سرعت باد، سبب پراکنده



Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

شدن آلاینده‌ها در سطح شهر می‌شود و آلاینده‌ها را به سمت مناطق مسکونی و متراکم اطراف فرودگاه پراکنده می‌کند(۳۵). بر اساس گزارشی از شرکت کنترل کیفیت هوای تهران تخمین زده شد که فرودگاه مهرآباد سالانه در حدود ۶۲۲ تن آلاینده اکسیدهای نیتروژن، ۵۲۳ تن آلاینده منوکسیدکربن و ۷۰ تن انواع هیدروکربن ها را تولید می‌نماید. به طور کلی مطابق این گزارش، روزانه به طور میانگین حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم CO، ۱۹۰–۲۰۰ کیلوگرم HC، ۱۷۰۰–۱۸۰۰ کیلوگرم NOx و ۵۰۰–۴۵۰ هزار کیلوگرم $CO_2$ از فرودگاه مهرآباد منتشر می‌شود. هم‌چنین میزان انتشار روزانه ذرات معلق از فرودگاه مهرآباد ۴۵ کیلوگرم می‌باشد، که این مقدار در ایجاد آلودگی هوای محلی نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. از سوی دیگر، در این گزارش میزان انتشار آلاینده‌های فرودگاه مهرآباد و چند فرودگاه اروپایی مقایسه شد و مشخص گردید که فرودگاه مهرآباد علی‌رغم تعداد پروازهای کم‌تر، آلاینده‌های بیش‌تری را منتشر می‌کند. این مسئله به قدیمی بودن ناوگان این فرودگاه نسبت داده شد(۳۳). غلظت‌های بنزن، تولوئن و زایلن به دست آمده در باند فرودگاه از غلظت‌های همین آلاینده‌ها در هوای شهر تهران بالاتر بود. در یک مطالعه، میانگین غلظت‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در منطقه اقدسیه به ترتیب ۱۶/۵۷، ۹/۱۱، ۵/۰۸ و ۵/۹۶ و در منطقه شهر ری به ترتیب ۶۳/۲۴، ۷/۶، ۳۸/۲۳ و ۱۴/۱۳ بر حسب ppb عنوان شد. هرچند غلظت اتیل بنزن مطالعه حاضر کم‌تر از هوای شهری بود، که می‌تواند به دلیل احتراق سوخت‌های متفاوت و نیز وجود منابع دیگر باشد(۳۱). غلظت تولوئن در میدان انقلاب تهران ۰/۱۳۵ ppb گزارش شده است(۳۲).

غلظت ترکیبات BTEX در مطالعه حاضر به مراتب بیش تر از غلظت همین ترکیبات در فرودگاهی در آمریکا است. غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، m,p–زایلن و o–زایلن در فرودگاهی در آمریکا به ترتیب ۰/۰۰۰۲۷، ۰/۰۰۰۸۵، ۰/۰۰۰۰۷، ۰/۰۰۰۲۳ و ۰/۰۰۰۰۸ بر حسب ppm بود. غلظت همین ترکیبات در نواحی مسکونی اطراف فرودگاه نیز به ترتیب ۰/۰۰۰۲۷، ۰/۰۰۰۹۹، ۰/۰۰۰۰۹، ۰/۰۰۰۲۸ و ۰/۰۰۰۰۹ برحسب ppm اندازه‌گیری شد. نتایج یک مطالعه بر روی یک فرودگاه در شهر بارسلونا که سالانه شاهد عبور ۳۰۰ هزار هواپیما است، نشان داد که میانگین غلظت‌های $PM_{10}$، $PM_{2.5}$ و $PM_1$ در آن به ترتیب ۴۸، ۲۱ و ۱۷ بر حسب $\mu g/m^3$ بوده است(۱۲). در مطالعه‌ای دیگر نیز نتایج نشان داد که فرودگاه باعث افزایش غلظت عددی ذرات معلق می‌شود(۳۷). در مطالعه‌ای که در فرودگاه زوریخ انجام پذیرفت، مقدار تولوئن و بنزن از سایر VOCها بیش‌تر بود که با مطالعه ما همخوانی داشت(۳۸).

*تاثیر پارامترهای هواشناسی*

نتایج همبستگی پارامترهای هواشناسی با غلظت آلاینده‌ها در بخش یافته ها ارائه شد.

برخلاف سایر آلاینده‌ها، غلظت ازن با دما و رطوبت نسبی به ترتیب رابطه مستقیم و عکس داشت. ثابت شده است که در دماهای بالاتر، میزان تولید ازن افزایش می‌یابد. هم‌چنین همبستگی معکوس بین غلظت ازن و رطوبت نسبی، به دلیل افزایش جذب ازن بر روی سطوح ذرات و... می‌باشد(۳۹). هم‌چنین سرعت باد اثر معکوسی روی غلظت آلاینده‌ها داشته است، که این امر به خاطر افزایش پراکنش آلاینده‌ها رخ داده است(۴۰). در یک مطالعه، همبستگی متوسطی بین غلظت NOx و دما ($p<0/01$) یافت شد. غلظت‌های CO و NOx با افزایش دما کاهش یافت. اما رابطه مستقیمی بین دما و ازن وجود داشت. از سوی دیگر، میان آلاینده‌های CO و NOx و سرعت باد ارتباط معکوسی مشاهده گردید. غلظت ازن نیز با افزایش سرعت باد زیاد شد. رطوبت نسبی نیز به طور کلی ارتباط ضعیفی را با همه آلاینده‌ها نشان داد(۴۰).

در یک مطالعه در ۳ شهر از چین، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های فصلی آلاینده‌های معیار مشاهده شد، به



Archive of SID

www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

گونه‌ای که ازن برخلاف همه آلاینده‌ها در فصول گرم سال غلظت بالاتری داشت. در پکن، ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی‌اکسیدگوگرد و دی‌اکسید نیتروژن به شکل معکوس با سرعت باد در همه فصول (به جز تابستان) مرتبط بودند. این امر به خاطر غلبه پراکنش افقی و عمودی به ترتیب در فصول سرد سال و تابستان می‌باشد. هم چنین غلظت های ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن ارتباط مستقیمی با رطوبت نسبی در همه فصول (به جز زمستان) نشان داد. برای آلاینده ازن به عنوان یک آلاینده ثانویه، ارتباط معکوسی در تابستان و پاییز و ارتباط مستقیمی در زمستان با سرعت باد وجود داشت. این امر به خاطر این بود که با افزایش سرعت باد، حذف ذرات و حضور اشعه خورشید افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به تشکیل ازن می‌گردد. ارتباط ازن با دما در همه فصول به جز زمستان شدیداً مثبت بود. هم چنین ارتباط منفی بین ازن و رطوبت نسبی در همه فصول به جز پاییز وجود داشت. همین الگوها با تفاوت اندکی در مورد سایر شهرهای این کشور نیز صادق بود(۴۱). هم‌چنین باید به تفاوت غلظت آلاینده ها و مقادیر مختلف رطوبت نسبی توجه کرد. در رطوبت بالا، ترکیبات نیمه فرار به فاز آئروسل وارد می‌شوند و باعث افزایش غلظت ذرات می‌شوند(۴۲). هم‌چنین، ارتفاع لایه مرزی در این شرایط کم‌تر است که موجب افزایش غلظت آلاینده‌های ناشی از منابع اولیه می‌گردد(۴۳).

*تاثیر زمان روز*

مطابق نتایج به دست آمده، غلظت آلاینده‌ها به جز ازن در نوبت صبح باند فرودگاه بیش‌تر از نوبت عصر بود. بیش‌تر بودن غلظت آلاینده‌ها در نوبت صبح می‌تواند به‌دلیل وجود پروازهای بیش‌تر در این نوبت یا ناشی از اثر وارونگی دما باشد که موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در فرودگاه می‌شود. هم چنین علت بیش‌تر بودن ازن در نوبت عصر به دلیل فرایندهای فتوشیمیایی مولد ازن است که از یکسو نیازمند برخی پیشسازها و از سوی دیگر نیازمند گرمای هوا می‌باشد(۴۴).

در یک مطالعه بر روی باندهای مختلف یک فرودگاه در آمریکا، باندهایی که فعالیت هواپیماها بر روی آن‌ها بیش‌تر بود، غلظت بیش‌تری از BTEX را نشان دادند. هم‌چنین غلظت هر یک از آلاینده‌ها در زمستان بیش از تابستان بود(۱۳). در یک مطالعه بر روی تغییرات روزانه غلظت BTEX در تهران، نتایج نشان داد که حداکثر غلظت این ترکیبات یک بار در ساعات بین ۱۱-۹ صبح و یک بار هم تقریباً در ساعات ۱۱-۹ شب رخ می‌دهد. غلظت پیک صبح و شب به ترتیب حدود ۲۰ و ۲۸ برحسب ppb بودند. به این ترتیب حداکثر غلظت‌های شب به مقدار ۴۰ درصد بیش‌تر از حداکثر غلظت‌های صبح بود(۳۱). در یک مطالعه بر روی یک فرودگاه نزدیک دریا، نوسانات غلظت ذرات معلق در طول روز به سیکل‌های متناوب نسیم دریا و ساحل منتسب شد. غلظت حداکثر PM10 و PM2.5 به ترتیب ۶۰ و ۳۰ برحسب µg/m3 بود که در زمان نسیم دریا به ترتیب به میزان ۵۰ درصد و ۶۶ درصد کاهش می‌یافتند(۱۲).

*تاثیر مکان نمونه برداری*

زیادتر بودن غلظت آلاینده‌ها (به جز تولوئن و اتیل بنزن) در باند فرودگاه نسبت به سالن انتظار مسافرین می‌تواند به دلیل تولید زیاد این آلاینده‌ها در باند فرودگاه، فاصله بین این دو مکان و نیز عدم وجود منابع تولیدکننده آلودگی در داخل سالن بوده است. عدم وجود این اختلاف برای تولوئن و اتیل بنزن نیز می‌تواند به خاطر کم بودن غلظت این آلاینده‌ها، خطای اندازه‌گیری و حتی وجود منابع داخل ساختمان برای سالن انتظار مسافرین باشد(۳۱). در بررسی غلظت‌های برخی ترکیبات آلی فرار در یک فرودگاه آمریکا، غلظت متوسط بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، m-، p- و o- زایلن در محدوده فرودگاه به ترتیب ۰/۸۴، ۳/۲۱، ۰/۳، ۰/۹۹ و ۰/۳۴ بر حسب $\mu g/m^3$ گزارش شد. غلظت این



www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

ترکیبات در همسایگی فرودگاه نیز اندازه گیری شد که تفاوت معنی‌داری با غلظت‌های درون محدوده فرودگاه نداشت(۱۳). در مطالعه‌ای دیگر، نتایج نشان داد که وجود فرودگاه موجب افزایش غلظت ازن و ذرات ریز به طور متوسط به اندازه ۵ ppb و ۴ $\mu g/m^3$ در مناطق اطراف فرودگاه می‌شوند(۴۵). در مجموع نتایج حاکی از آن بود که پارامترهای هواشناسی همبستگی معنی‌داری با غلظت اکثر آلاینده‌ها دارد. هم‌چنین نوبت نمونه‌برداری (صبح و عصر) با توجه به پروازهای بیش‌تر در نوبت صبح، تفاوت معنی‌داری را بر روی غلظت اکثر آلاینده‌ها رقم زده است. هم‌چنین بین غلظت‌های آلاینده‌ها به جز تولوئن و اتیل بنزن در دو نقطه نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. پیشگیری از آلودگی هوا برای مناطق اطراف فرودگاه بین‌المللی مهرآباد ضروری است. این امر نیازمند طراحی سیستم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح پروازها بر اساس یافته‌های این مطالعه در خصوص تاثیر پارامترهای هواشناسی، و نیز وجود سیستم پایش مداوم می‌باشد. هم‌چنین طراحی و ساخت فرودگاه‌های جدید نیزباید باتوجه به‌عوامل هواشناسی، سکونت‌گاه‌های اطراف و... صورت بگیرد.

## سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی جهت حمایت مالی از این مطالعه با شماره طرح ۷۵۶۱ نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشند.

## References

1. Krzyzanowski M, Apte JS, Bonjour SP, Brauer M, Cohen AJ, Prüss-Ustun AM. Air Pollution in the Mega-cities. Current Environmental Health Reports 2014; 1(3): 185-191.
2. WHO. Seven million premature deaths annually linked to air pollution. Geneva: World Health Organization (WHO); 2014.
3. Kermani M, Dowlati M, Jafari AJ, Kalantari RR. Health risks attributed to particulate matter of 2.5 microns or less in Tehran air 2005-2015. J Kermanshah Univ Med Sci 2016; 20(3): 99 (Persain).
4. Asl FB, Kermani M, Aghaei M, Karimzadeh S, Arian SS, Shahsavani A, et al. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(121): 239-249 (Persian).
5. Mohammadi A, Azhdarpoor A, Shahsavani A, Tabatabaee H. Investigating the health effects of exposure to criteria pollutants using airq2.2.3 in Shiraz, Iran. Aerosol and Air Quality Research 2016; 16(4): 1035-1043.
6. Sowlat MH, Naddafi K, Yunesian M, Jackson PL, Lotfi S, Shahsavani A. PM10 source apportionment in Ahvaz, Iran, using positive matrix factorization. Clean–Soil Air Water 2013; 41(12): 1143-1151.
7. Sowlat MH, Naddafi K, Yunesian M, Jackson PL, Shahsavani A. Source apportionment of total suspended particulates in an arid area in southwestern Iran using positive matrix factorization. Bull Environ Contam Toxicol 2012; 88(5): 735-740.
8. Sausen R. Transport impacts on atmosphere and climate. Atmosp Environ 2010; 44(37): 4678-4734.
9. Song S-K, Shon Z-H. Emissions of greenhouse gases and air pollutants from commercial aircraft at international airports in Korea. Atmos Environ 2012; 61: 148-158.

Archive of SID



www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

10. Massoudinejad M, Ghaderpoori M, Shahsavani A, Amini MM. Adsorption of fluoride over a metal organic framework Uio-66 functionalized with amine groups and optimization with response surface methodology. J Mol Liq 2016; 221: 279-286.
11. Rypdal K. Aircraft emissions. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in IPCC National Greenhouse Cost Inventories programme, Technical Support Unit, 2000: 93-102.
12. Amato F, Moreno T, Pandolfi M, Querol X, Alastuey A, Delgado A, et al. Concentrations, sources and geochemistry of airborne particulate matter at a major European airport. J Environ Monit 2010; 12(4):854-862.
13. Jung KH, Artigas F, Shin JY. Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport. Environ Monit Assess 2011; 173(1): 555-567.
14. Hsu H, Adamkiewicz G, Houseman EA, Vallarino J, Melly SJ, Wayson RL, et al. The relationship between aviation activities and ultrafine particulate matter concentrations near a mid-sized airport. Atmos Environ 2012; 50: 328-337.
15. Carey IM, Atkinson RW, Kent AJ, van Staa T, Cook DG, Anderson HR. Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. Am J Respir Crit Care Med 2013; 187(11): 1226-1233.
16. Cesaroni G, Badaloni C, Gariazzo C, Stafoggia M, Sozzi R, Davoli M, et al. Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome. Environ Health Perspect 2013; 121(3): 324-331.
17. Khamutian R, Najafi F, Soltanian M, Shokoohizadeh MJ, Poorhaghighat S, Dargahi A, et al. The association between air pollution and weather conditions with increase in the number of admissions of asthmatic patients in emergency wards: a case study in Kermanshah. Med J Islam Repub Iran 2015; 29: 229.
18. Sharafi K, Khosravi T, Moradi M, Pirsaheb M. Air quality and variations in PM10 pollutant concentration in Western Iran during a four-year period (2008–2011), Kermanshah–a case study. J Eng Sci Technol 2015; 10(1): 47-56.
19. Sobhan Ardakani S, Esmaili Sari A, Cheraghi M, Tayebi L, Ghasem Pouri SM. Determining air quality of Tehran City using Air Quality Index (AQI) in 2006. Environmental Sciences and Technologies 2006; 8(4): 33-38 (Persian).
20. Shahsavani A, Naddafi K, Haghighifard NJ, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. Environ Monit Assess 2012; 184(11): 6683-6692.
21. Shahsavani A, Yarahmadi M, Hadei M, Sowlat MH, Naddafi K. Elemental and carbonaceous characterization of TSP and PM10 during Middle Eastern dust (MED) storms in Ahvaz, Southwestern Iran. Environ Monit Assess. 2017; 189(9): 462.
22. Shokri Ragheb P, Sobhan Ardakani S. Analysis of Co, Cr and Mn Concentrations in Atmospheric Dry Deposition in Hamadan City. Sci Hamadan Univ Med Sci 2016; 23(2): 149-156 (Persian).
23. Sobhanardakani S, Saedi M. Assessment of Particulate Matter, Free Silica and Toxic Gases Emissions from Khouzestan Cement Company. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(125): 21-31 (Persian).
24. Hadei M, Hopke PK, Hashemi Nazari SS, Yarahmadi M, Shahsavani A, Alipour MR. Estimation of Mortality and Hospital



Archive of SID
www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

Admissions Attributed to Criteria Air Pollutants in Tehran Metropolis, Iran (2013-2016). Aerosol and Air Quality Research 2017; 17(10): 2474-2481.

25. Kermani M, Aghaei M, Dolati M. Estimation the Number of Mortality due to cardiovascular and respiratory disease, Attributed to pollutants O3, and NO2 in the Air of Tehran. Journal of Health Research in Community 2016; 1(4): 1-11 (Persian).
26. Moghaddam VK, Changani F, Mohammadi A, Hadei M, Ashabi R, Majd LE, et al. Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and upgrading of treatment plants: a review in the Middle East. Dsalination and Water Treathment 2017; 65(2017): 463-473.
27. Shahbazi H, Tagvaii S, Hosseini Vahid, Afshin H. Tehran's air pollution emission inventory for the year 2013- Volume II: mobile sources. Tehran, Iran: Tehran Air Quality Control Company; 2015. Report No.: QM/94/04/03/(U)/02 (Persian).
28. Tohon HG, Fayomi B, Valcke M, Coppieters Y, Bouland C. BTEX air concentrations and self-reported common health problems in gasoline sellers from Cotonou, Benin. Int J Environ Health Res 2015; 25(2): 149-161.
29. Hadei M, Aalipour M, Mengli Zadeh N, Pourzamani H. Ethylbenzene Removal from Aqueous Solutions by Nano Magnetic Particles. Arch Hyg Sci 2016; 5(1): 22-32 (Persian).
30. US Department of Health (Human Services). Agency for toxic substances and disease registry. Toxicological Profile for Benzene Update Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2000.
31. Fazlzadeh Davil M, Rostami R, Zarei A, Feizizadeh M, Mahdavi M, Mohammadi A, et al. A survey of 24 hour variations of BTEX concentration in the ambient air of Tehran. J Babol Univ Med Sci 2012; 14(Suppl 1): 50-55 (Persian).
32. Sarkhosh M, Mahvi A, Zare M, Alavi J, Mohseni M. Assessment of volatile organic compound (voc) in Tehran air pollution in 2010-2011. J Rafsanjan Univ Med Sci 2013; 12(4): 271-278 (Persian).
33. Taghvaii S, Mostafazadeh SM, Shahbazi A, Afshin H, Hosseini V. The inventory of pollutants emissions in 2013 for Tehran: Fourth volume: Mehrabad Airport, Railway Station and Bus terminals-QM/94/04/03/(U)/04. Tehran Air Quality Control Company 2013 (Persian).
34. Mehdipour A, Rashidi Nia H. Is Mehrabad Airport a Brownfield Site? Current Urban Studies 2014; 2(1): 13-19.
35. Ebrahimi M, Gahangirian A. Assessing the effect of Mehrabad airport on local 19 air quality. 2th International combustion Iran Conference; Mashhad, 2008 (Persian).
36. Azari MR, Massoudi Nejad MR, Motesadi S. A New Sampler and Analysis Method for BTEX in Ambient Air. Tanaffos. 2008; 7(3): 47-52 (Persian).
37. Psanis C, Triantafyllou E, Giamarelou M, Manousakas M, Eleftheriadis K, Biskos G. Particulate matter pollution from aviation-related activity at a small airport of the Aegean Sea Insular Region. Sci Total Environ 2017; 596: 187-193.
38. Schürmann G, Schäfer K, Jahn C, Hoffmann H, Bauerfeind M, Fleuti E, et al. The impact of NOx, CO and VOC emissions on the air quality of Zurich airport. Atmos Environ 2007; 41(1): 103-118.
39. Quansah E, Amekudzi L, Preko K. The influence of temperature and relative humidity on indoor ozone concentrations during the

Archive of SID



www.SID.ir

Downloaded from jmums.mazums.ac.ir at 16:29 +0430 on Wednesday July 4th 2018

Harmattan. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences 2012; 3(5): 863-867.

40. Ocak S, Turalioglu FS. Effect of meteorology on the atmospheric concentrations of traffic-related pollutants in Erzurum, Turkey. J Int Environmental Application & Science 2008; 3(5): 325-335.
41. Zhang H, Wang Y, Hu J, Ying Q, Hu XM. Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities in China. Environ Res 2015; 140: 242-254.
42. Hu XM, Zhang Y, Jacobson MZ, Chan CK. Coupling and evaluating gas/particle mass transfer treatments for aerosol simulation and forecast. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 2008; 113(D11).
43. Sandeep A, Rao TN, Ramkiran C, Rao S. Differences in atmospheric boundary-layer characteristics between wet and dry episodes of the Indian summer monsoon. Boundary-Layer Meteorology 2014; 153(2): 217-236.
44. Derwent RG, Jenkin ME, Saunders SM, Pilling MJ. Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in northwest Europe calculated with a master chemical mechanism. Atmos Environ 1998; 32(14-15): 2429-2441.
45. Unal A, Hu Y, Chang ME, Odman MT, Russell AG. Airport related emissions and impacts on air quality: Application to the Atlanta International Airport Atmos Environ 2005; 39(32): 5787-5798.

Archive of SID



www.SID.ir