



بررسی غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ و ۲/۵ میکرون در هوای شهر شیراز و مقایسه آن با استانداردهای EPA و ملی

مهدی شایق

گروه محیط زیست، واحد یزد، دانشگاه آزاداسلامی، یزد، ایران

Mehdishayegh25@hotmail.com

سید ابوالقاسم میرحسینی

گروه محیط زیست، واحد میبد، دانشگاه آزاداسلامی، میبد، ایران

mirhosseinid@yahoo.com

چکیده

مقدمه و هدف: براساس گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد ذرات معلق مهم ترین آلاینده هوا در شهرهای بزرگ جهان است که از منابع مختلفی در هوا منتشر می شوند. از آنجا که یکی از عوامل اصلی آلودگی هوا در شهر شیراز نیز ذرات معلق می باشد، بنابراین پایش این ذرات به منظور تدوین برنامه های کنترل آن ضروری است، لذا هدف این مطالعه بررسی میزان غلظت ذرات معلق هوا و مقایسه آن با استانداردها می باشد.

روش بررسی: در این تحقیق ۴۵ ایستگاه انتخاب و نمونه برداری در دو نوبت صبح و بعد از ظهر با استفاده از دستگاه Dust trak انجام شد. بدین ترتیب طی سه ماه نمونه گیری (خرداد، تیر و مرداد) ۹۰ نمونه برای $PM_{2.5}$ (۴۵ تا در صبح و ۴۵ تا در عصر) و ۹۰ نمونه برای PM_{10} (۴۵ تا در صبح و ۴۵ تا در عصر) بدست آمد و در مجموع ۱۸۰ نمونه برداشت گردید.

نتایج: در طول دوره نمونه گیری از نظر آلاینده PM_{10} ، تیر ماه با میانگین $17/1 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و مرداد با میانگین $13 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه بود. همچنین از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ ، تیر با میانگین $11 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و مرداد با میانگین $8/67 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه بود.

نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} در اکثر مواقع کمتر از حد استاندارد بوده است.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، استانداردها، ذرات معلق



مقدمه

گسترش روزافزون و بی رویه شهرها، به همراه توسعه سریع اقتصادی و در نتیجه آن، افزایش مصرف انرژی باعث ایجاد مشکلات متعدد زیست محیطی برای ساکنین آن ها گردیده است. آلودگی هوای شهرها یکی از مهم ترین این معضلات بوده که همواره تهدیدی دائم و جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و همچنین محیط زیست می باشد. اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان از زمان های گذشته مورد توجه پژوهشگران و عامه مردم قرار گرفته است. در حالی که در بسیاری از کشورهای صنعتی پیشرفته به منظور حفظ سلامت انسان ها و جلوگیری از تخریب محیط زیست برنامه های کنترل آلاینده های هوا از دهه های نخستین قرن بیستم به کار گرفته شده اند، وضعیت آلودگی هوا در اکثر کشورهای در حال توسعه روز به روز رو به وخامت می گذارد [۲]. بحث آلودگی هوا از دیدگاه اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فنی موضوعی است که امروزه در دنیا جایگاه ویژه ای دارد و یکی از مسائل مطرح در این زمینه، جلوگیری از افزایش این آلودگی و یافتن علل و عوامل به وجود آورنده آن است. همچنین آلاینده ها و ذرات معلق مانند $PM_{2.5}$ و PM_{10} از علل اصلی آلودگی هوا محسوب می شوند [۵]. در دوران های مختلف به جنبه های متفاوتی از آلودگی اهمیت داده شده است. در مقیاس کوچک آلودگی های محلی که اثراتی از مزاحمت های ساده تا بیماری های خطرناک و دیرعلاج را باعث می شوند مورد توجه می باشند و در حد جهانی مسائلی مثل تخریب لایه اوزن، باران های اسیدی و گرمایش زمین مورد توجه و بحث است. منشاء آلودگی های هوا در اوایل انقلاب صنعتی عمدتاً صنایع و سوخت زغال سنگ بوده است و در قرن بیستم و بیست و یکم مسئولیت آلودگی هوا در شهرها با حمل و نقل درون شهری می باشد. سوخت های فسیلی در حمل و نقل صنعت از یک طرف و فرآیندهای صنعتی با مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از طرف دیگر از عوامل عمده آلودگی های دست ساز می باشند [۳]. براساس گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد ذرات معلق مهم ترین آلاینده هوا در شهرهای بزرگ جهان است که از منابع مختلفی در هوا منتشر می شوند. گرد و غباری که از سطح زمین به وسیله باد در هوا انتشار می یابد به همراه گرد و غبار حاصل از آتش سوزی جنگل ها و آتشفشان ها، ویروس ها، باکتری ها و گرده ها از جمله منابع طبیعی ذرات معلق هوا محسوب می شوند، در حالی که منابع غیر طبیعی ذرات شامل احتراق مواد سوختی، ذرات حاصل از فرایندهای مختلف در صنایع، ذرات حاصل از خرد کردن و ساییدن مواد، ترافیک و وسایل نقلیه می باشند. طبق بررسی های سازمان بهداشت جهانی به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب از ذرات معلق در هوا، میزان مرگ و میر ۱ تا ۳ درصد افزایش می یابد [۲]. این مواد به عنوان شاخه ای از مواد آلاینده دارای تنوع و پیچیدگی بسیار زیادی هستند و اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی آن ها مانند غلظتشان در هوا از ویژگی مهم این مواد به شمار می رود [۴]. تحقیقات علمی انجام گرفته طی دو دهه اخیر نشان داده است که ذرات از آلاینده های اصلی از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی می باشد. سازمان جهانی بهداشت برآورد نموده است که سالانه ۵۰۰۰۰۰ نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق هوای آزاد دچار مرگ زودرس می شوند. ذرات خطر مرگ تنفسی را افزایش داده، بر عملکرد شش ها تاثیر گذاشته، آسم را تشدید نموده و باعث بروز دیگر علائم تنفسی مثل سرفه و برونشیت می شود، ضمن اینکه این ذرات میزان ابتلا به دیگر بیماری های تنفسی را هم افزایش می دهد. مواجهه با آلودگی هوای ناشی از ذرات همراه با واکنش های خودبخودی قلب مثل افزایش ضربان قلب، کاهش میزان انعطاف پذیری قلب و افزایش بی نظمی های قلبی می باشد. از جمله دیگر اثرات مربوط به ذرات معلق می توان به تاثیر در گرمایش جهانی، تخریب اموال و اثر بر گیاهان اشاره کرد [۶].

شهر شیراز، مرکز استان فارس به طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر با مساحت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع به شکل مستطیل و از لحاظ جغرافیایی در جنوب غربی ایران و در بخش مرکزی فارس قرار دارد. مختصات جغرافیایی شیراز عبارتست از: ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۱۴۸۰ تا ۱۶۷۰ متر در نقاط مختلف شهر



متغیر است. این شهر دارای آب و هوای مدیترانه ای است. میانگین سالانه دما ۱۸ درجه سانتی گراد و میزان بارندگی سالیانه آن ۳۳۷۰۸ میلی متر می باشد. جمعیت شیراز در سال ۱۳۹۰ خورشیدی بالغ بر ۱،۴۶۰،۶۶۵ تن بوده که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومه شهر به ۱۶۸۷۰۰۰ تن می رسد. امروزه شیراز را قطب الکترونیک ایران می خوانند. در حال حاضر حدود ۴۰ صنعت بزرگ در این شهر فعالیت می کنند. با کنترلی که بر روی فعالیت این صنایع به عمل آمده است، در بحث آلودگی هوای شیراز صنایع تولیدی سهم بسیار کمی در ایجاد آلودگی هوا دارند. اما عامل اصلی ایجاد ذرات معلق در هوای شیراز مربوط به بحث ترافیک و تردد خودروهاست که روز به روز نیز بر حجم آن افزوده می شود. تردد بیش از ۵۰۰ هزار دستگاه وسیله نقلیه در این شهر با شرایط توپوگرافی و اقلیمی خاص به عنوان یکی از هفت شهر بزرگ آلوده کشور باعث به وجود آمدن این ذرات و سایر مواد آلاینده می شود. عمده این آلودگی با بد عمل کردن شرایط موتوری خودروها و مستعمل بودن آن ها در ارتباط است.

از آنجا که یکی از عوامل اصلی آلودگی هوا در شهر شیراز ذرات معلق می باشد، بنابراین پایش این ذرات و تعیین مستمر کیفیت هوا به منظور تدوین برنامه های کنترل آن ضروری است، لذا هدف این مطالعه بررسی میزان غلظت ذرات معلق هوا و مقایسه آن با استانداردها می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق به صورت مطالعه توصیفی _ مقطعی در شهر شیراز طی ماه های خرداد، تیر و مرداد ۱۳۹۴ انجام گرفت. نمونه گیری بر پایه رهنمودهای موجود EPA در مورد ذرات معلق و در دو نوبت صبح و بعد از ظهر صورت پذیرفت. همچنین در این بررسی، ۴۵ ایستگاه برای نمونه برداری انتخاب شد. بدین ترتیب در طول دوره نمونه گیری ۹۰ نمونه برای $PM_{2.5}$ (۴۵ تا در صبح و ۴۵ تا در عصر) و ۹۰ نمونه برای PM_{10} (۴۵ تا در صبح و ۴۵ تا در عصر) بدست آمد و در مجموع ۱۸۰ نمونه برداشت گردید.

جهت تعیین نقاط نمونه برداری با استفاده از رابطه آماری زیر معروف به فرمول کوکران تعداد نقاط تعیین شد :

$$n = \frac{Z^2 pq}{d^2} \quad (1)$$

که در آن :

n = حجم نمونه یا تعداد نقاط

Z^2 = یک مقدار ثابت که به فاصله اطمینان و سطح خطا بستگی دارد و برابر است با ۱/۹۶

$p = q$ = نسبت مشاهدات = ۰/۵

d = درجه اطمینان یا دقت احتمالی مطلوب = ۰/۱

در نهایت پس از تغییراتی ۴۵ ایستگاه برای نمونه برداری تعیین گردید.



برای اندازه گیری میزان غلظت ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) دستگاه نمونه برداری Dust trak مدل ۸۵۲۰ ساخت شرکت TSI آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. با بکارگیری این دستگاه مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل برحسب mg/m^3 محاسبه شد و پس از اتمام دوره نمونه برداری، این مقادیر به $\mu g/m^3$ تبدیل و برای تجزیه و تحلیل آماری به رایانه منتقل گردید.

پس از نمونه برداری و سنجش غلظت ذرات به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده ها و همچنین رسم نمودارها و جدول های لازم برنامه های SPSS و Excel بکار گرفته شد.

نتایج

حداکثر غلظت روزانه PM_{10} مربوط به ماه خرداد و برابر با $49 \mu g/m^3$ و حداقل آن نیز در همین ماه و برابر با $3 \mu g/m^3$ می باشد. حداکثر میانگین غلظت روزانه PM_{10} در ماه تیر و برابر با $17/1 \mu g/m^3$ و حداقل آن در مرداد ماه برابر با $13 \mu g/m^3$ می باشد. حداکثر غلظت روزانه $PM_{2.5}$ مربوط به ماه تیر و برابر با $31 \mu g/m^3$ و حداقل آن در خرداد ماه و برابر با $1 \mu g/m^3$ می باشد. حداکثر میانگین غلظت روزانه $PM_{2.5}$ در ماه تیر و برابر با $11 \mu g/m^3$ و حداقل آن در مرداد ماه برابر با $8/67 \mu g/m^3$ می باشد (جدول ۳).

همچنین طبق نمودار ۱ در ماه خرداد حداکثر و حداقل غلظت میانگین برای PM_{10} به ترتیب ۲۵ و $6 \mu g/m^3$ و برای $PM_{2.5}$ به ترتیب ۱۸ و $4 \mu g/m^3$ بود. طبق نمودار ۲ در ماه تیر حداکثر و حداقل غلظت میانگین برای PM_{10} به ترتیب ۳۰ و $11 \mu g/m^3$ و برای $PM_{2.5}$ ۲۴ و $5 \mu g/m^3$ بود. طبق نمودار ۳ در ماه مرداد حداکثر و حداقل غلظت میانگین برای PM_{10} به ترتیب ۱۹ و $6 \mu g/m^3$ و برای $PM_{2.5}$ ۱۶ و $5 \mu g/m^3$ بود.

بحث و نتیجه گیری

پدیده آلودگی هوا در مناطق شهری و صنعتی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی است که سلامت انسان ها را تهدید می کند. از جمله این آلاینده ها، ذرات معلق هوا می باشد که به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب آن در هوا، میزان مرگ و میر ۱ تا ۳ درصد افزایش می یابد [۷]. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان غلظت و آلودگی ذرات معلق در هوای شهر شیراز انجام گردید.

برای بررسی وضعیت و میزان آلودگی می توان غلظت های اندازه گیری شده را با مقادیر راهنما و استانداردها مقایسه کرد که در تحقیق کنونی این کار انجام شده است. در جدول های ۱ و ۲ استانداردهای ملی و جهانی ارائه می شود و سپس نتایج ذکر می گردد:



جدول ۱: استاندارد EPA برای ذرات معلق در سه مقطع زمانی

استاندارد	زمان	متوسط ۲۴ ساعته PM10	متوسط ۲۴ ساعته PM2.5
EPA	۱۹۹۷	۱۵۰	۶۵
	۲۰۰۶	۱۵۰	۳۵
	۲۰۱۲	۱۵۰	۳۵

جدول ۲: استانداردهای هوای پاک (ملی) برای ذرات معلق در سه مقطع زمانی

استاندارد	زمان	متوسط ۲۴ ساعته PM10	متوسط ۲۴ ساعته PM2.5
ملی	۱۳۸۸	۱۵۰	۱۵۰
	۱۳۸۹	۹۰	۳۰
	۱۳۹۰	۵۰	۲۵

مقایسه غلظت های میانگین ذرات معلق با استانداردهای EPA و ملی نشان می دهد که خوشبختانه غلظت های اندازه گیری شده در کل دوره نمونه برداری، کمتر از حد استاندارد بوده اند. همچنین حداکثر غلظت روزانه PM10 در ماه های خرداد، تیر و مرداد کمتر از حدود استاندارد می باشد، در حالی که حداکثر غلظت روزانه PM2.5 در ماه خرداد از استاندارد ملی در سال ۱۳۹۰ و در ماه تیر از استاندارد ملی در سال های ۱۳۹۰ و ۱۳۸۹ بیشتر است. یکی از مهم ترین دلایل بروز آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و پرجمعیت شرایط جوی پایدار به ویژه وارونگی دما در فصل زمستان می باشد. از آنجا که این تحقیق در سه ماه خرداد، تیر و مرداد یعنی در فصل های بهار و تابستان انجام می گیرد، در نتیجه این امر می تواند کم بودن غلظت ذرات را در دوره مذکور توجیه نماید. همچنین از عوامل افزایش ذرات معلق پدیده طوفان های گردوغبار و ریزگردهایی می باشد که در سال های اخیر در مناطق غرب، جنوب غربی و اخیرا در مرکز ایران رخ داده است. این طوفان های گردوغبار تا همین چند سال پیش ویژه فصل های بهار و تابستان بوده است، ولی اکنون هشت ماه از سال را در بر گرفته است و علاوه بر نواحی جنوب غربی کشور در محدوده وسیع تری به اکثر استان های کشور و کلان شهرهایی مثل تهران، اصفهان و شیراز نیز راه یافته است [۱]. البته در زمان انجام تحقیق کنونی این طوفان های گردوغبار مشاهده نشد و بنابراین می توان آن را دلیل دیگری برای کاهش غلظت ذرات معلق در این بازه زمانی دانست. در پژوهشی نیز که توسط لیلی و همکاران (۱۳۸۸) در محدوده مرکزی شهر تهران و در دو نوبت صبح و عصر انجام شد، مشخص گردید که غلظت های اندازه گیری شده در کل دوره نمونه برداری برای PM10 کمتر از حد استاندارد بوده اند (بر اساس استاندارد سال ۱۹۹۷ و استاندارد جدید سال ۲۰۰۶ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا). اما در مورد PM2.5 و بر اساس استاندارد سال ۱۹۹۷ میانگین



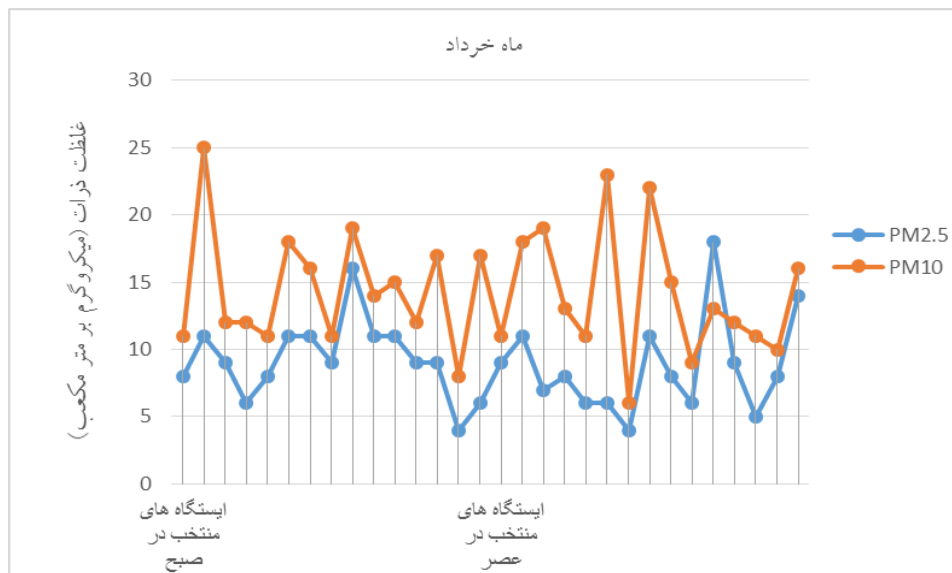
غلظت های اندازه گیری شده کمتر از حدود استاندارد است، در حالی که بر اساس استاندارد ۲۰۰۶ موارد تحدی از استاندارد وجود دارد. نتایج تحقیق عزیز ی فر و همکاران (۱۳۹۰) هم نشان داد که غلظت ذرات معلق در اکثر مواقع کمتر از حد استاندارد بوده است.

به طور کلی می توان گفت در طول دوره نمونه گیری از نظر آلاینده PM_{10} ، تیر ماه با میانگین $17/1 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و مرداد با میانگین $13 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه بود. همچنین از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ ، تیر ماه با میانگین $11 \mu g/m^3$ آلوده ترین ماه و مرداد با میانگین $8/67 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه بود. عزیز ی فرو همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه خود به بررسی غلظت ذرات معلق در هوای شهر قم طی فصول تابستان و پاییز پرداختند. در طول دوره نمونه گیری از نظر آلاینده PM_{10} آبان ماه با میانگین $117 \mu g/m^3$ آلوده ترین و مهرماه با میانگین $83 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه گزارش شد. همچنین از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ آذر ماه با میانگین $33 \mu g/m^3$ آلوده ترین و مرداد، شهریور و مهر ماه با میانگین $8 \mu g/m^3$ پاک ترین ماه ها بودند. همچنین در پژوهشی Houthuijs و همکاران (۲۰۰۱) غلظت های PM_{10} و $PM_{2.5}$ را اندازه گیری کرد. نتایج افزایش غلظت PM_{10} طی فصل گرما را نشان داد، از $18 \mu g/m^3$ در اسلواکی تا $45 \mu g/m^3$ در لهستان. به طور کلی مشخص شد، سطوح بالایی از آلودگی ذرات معلق وجود دارد که احتمالاً ناشی از گرم شدن محلی و تغییر فصل در این بخش می باشد. در تحقیق دیگری Chaloulakou و همکاران (۲۰۰۳) غلظت ذرات معلق (PM_{10} و $PM_{2.5}$) را در قسمت مرکزی شهر آتن یونان اندازه گیری کرد. محل نمونه برداری نزدیک به خیابانی شلوغ و پرتراфик انتخاب شد. در نهایت میانگین غلظت PM_{10} در کل دوره نمونه برداری برابر با $75/5 \mu g/m^3$ و میانگین غلظت $PM_{2.5}$ ، برابر با $40/2 \mu g/m^3$ بدست آمد.

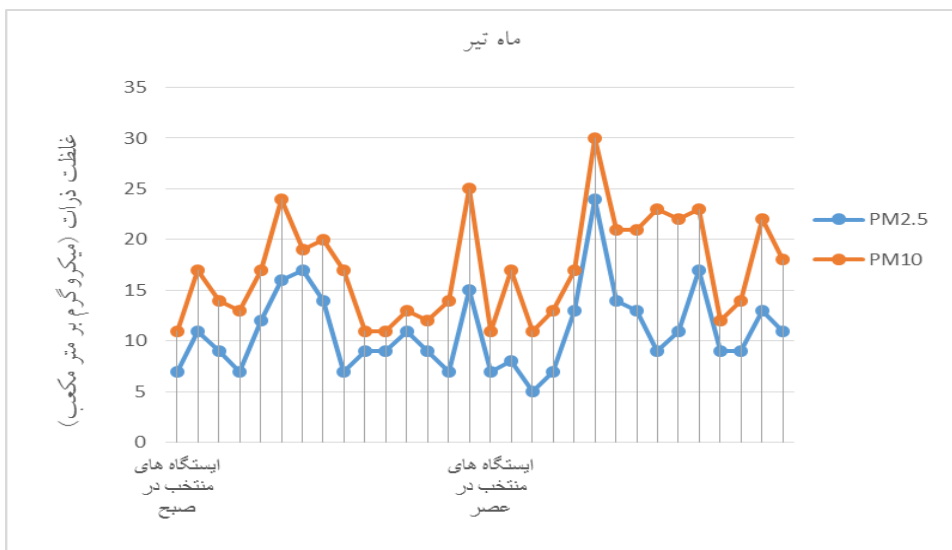
در مجموع می توان گفت غلظت ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ در اکثر مواقع کمتر از حد استاندارد بوده است. البته با توجه به اینکه این بررسی در فصل های بهار و تابستان انجام شده است، پیشنهاد می شود در فصل های دیگر سال نیز به تناوب این گونه بررسی ها انجام گیرد تا درک بهتری از غلظت این آلاینده ها بدست آید. همچنین ضروری است سازمان حفاظت محیط زیست در خصوص استقرار ایستگاه های ثابت بیشتری برای سنجش آلاینده های هوا (در حال حاضر تنها دو ایستگاه سنجش آلودگی در شهر شیراز وجود دارد) در سطح شهر اقدام نماید و علاوه بر تعیین اندازه ذرات آلاینده هوا، تحقیقات مشابهی برای سنجش نوع ذرات و منابع آلاینده هوا در شیراز انجام پذیرد.

جدول ۳: توصیف آماری ذرات معلق هوای شیراز

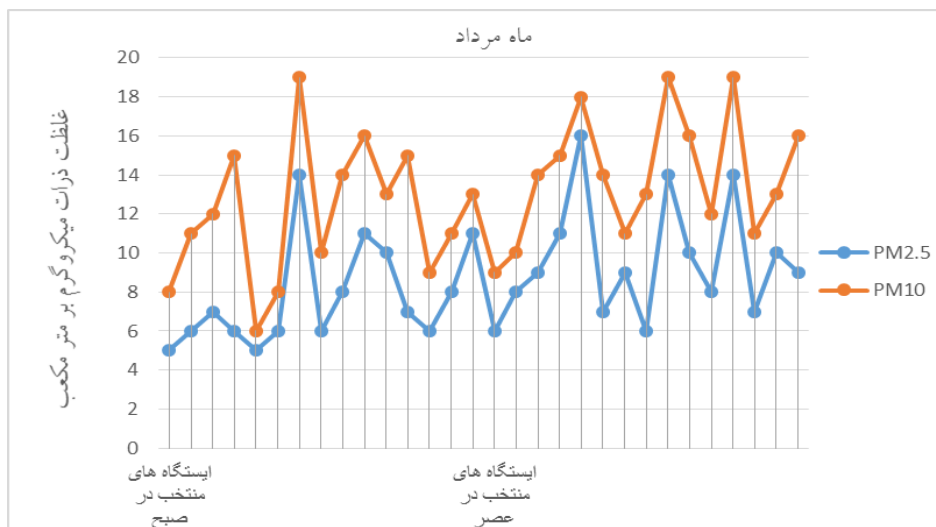
مرداد	تیر	خرداد	میانگین	PM10
13	17.1	14.23	انحراف معیار	
3.434	5.101	4.5	حداقل	
4	4	3	حداکثر	
25	44	49	میانگین	PM2.5
8.67	11	8.97	انحراف معیار	
2.94	4.077	3.232	حداقل	
2	2	1	حداکثر	
22	31	29		



نمودار ۱: مقادیر میانگین ذرات معلق در ماه خرداد



نمودار ۲: مقادیر میانگین ذرات معلق در ماه تی



نمودار ۳: مقادیر میانگین ذرات معلق در ماه مرداد

منابع

- [۱] ارفعی نیا و همکاران (۱۳۹۲). بررسی مقایسه ای کیفیت بهداشتی هوای کلان شهرهای تهران □ اصفهان و شیراز در سال ۱۳۹۰ □ فصلنامه بهداشت در عرصه □ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی □ دوره ۱ □ شماره ۴ □ صفحات ۳۷ تا ۴۴.
- [۲] جمشیدی و همکاران (۱۳۸۶). بررسی میزان آلودگی ذرات معلق در هوای شهر گچساران در سال ۱۳۸۴ □ مجله ی/ارمغان دانش □ دوره ۱۲ □ شماره ۲ □ صفحات ۸۹ تا ۹۷.
- [۳] حاتمی و همکاران (۱۳۹۲). کتاب جامع بهداشت عمومی، چاپ سوم، انتشارات ارجمند، تهران
- [۴] عرفان منش □ م و افیونی □ م. (۱۳۸۸). آلودگی محیط زیست (آب - خاک - هوا) □ چاپ ششم □ انتشارات ارکان دانش □ اصفهان
- [۵] عزیزی فر و همکاران (۱۳۹۰). بررسی شاخص کیفیت هوا و غلظت ذرات معلق با قطر آئروپینامیکی در هوای شهر قم □ مجله دانشگاه علوم پزشکی قم □ دوره پنجم □ شماره دوم □ صفحات ۵۹ الی ۶۳
- [۶] لیلی و همکاران (۱۳۸۸). غلظت ذرات معلق و شاخص کیفیت هوا (AQI) در محدوده ی مرکزی شهر تهران □ مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی □ دوره هفتم □ شماره اول □ صفحات : ۶۷ - ۵۷.
- [۷] ندافی و همکاران (۱۳۸۷). بررسی کل ذرات معلق و ترکیب مواد تشکیل دهنده آن در منطقه مرکزی شهر یزد □ مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید صدوقی یزد □ دوره شانزدهم □ شماره چهارم □ صفحات ۲۵ - ۲۱.
- [8] A. Chaloulakou, P. Kassomenos, N. Spyrellis, P. Koutrakis (2003). *Measurements of PM₁₀ and PM_{2.5} particle concentrations in Athens, Greece* , Atmospheric Environment , 37(5) , PP. 649-660
- [9] D. Houthuijs, O. Breugelmans, G. Hoek (2001). *PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations in Central and Eastern Europe:: results from the Cesar study*, Atmospheric Environment , 35(15) , PP. 2757-2771

