

بررسی کیفیت هوای داخل منازل مسکونی منطقه او ۵ شهر تهران از نظر ذرات معلق هوا (PM10)

منصور غیاث الدین^۱ زهره حسامی^{۲*}
فریده عتابی^۳ محمود محمودی^۴

۱- استاد، مرکز تکنولوژی نیرو

۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۳- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۴- استاد، دانشکده آمارزیستی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۱۱/۲۱، تاریخ تصویب: ۱۳۸۵/۲/۵)

چکیده

رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و تغییر در روش زندگی مردم موجب بروز مشکلاتی، از جمله آلودگی های محیط زیست شده است. امروزه شهرهای بزرگی مثل تهران با مشکلات زیادی از جمله آلودگی هوا که روز به روز افزایش می یابد مواجه هستند. مطالعه آلودگی هوا شامل بررسی مشخصه های کیفیت هوا در محیط های بسته و باز است. از آنجایی که بخش اعظم زمان مردم در منازل و فضاهای بسته سپری می شود، توجه به کیفیت هوای داخل و شناسایی عوامل آلوده کننده هوا در چنین محیط هایی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. ذرات معلق هوا یکی از مواد آلاینده هواسست که آثار بهداشتی متعددی، نظیر آلرژی را برای سلامت انسان به دنبال داشته و در تحقیق حاضر مدنظر قرار گرفته است. بدین منظور میزان غلظت این آلاینده در منازل مسکونی او ۵ شهرداری در ۲۰ ایستگاه (موقعیت اندازه گیری در منازل مسکونی) مورد سنجش و بررسی قرار گرفته است. براساس اندازه گیری های انجام شده، به طور کلی میزان ذرات معلق (PM₁₀) در ایستگاه های مجاور خیابان بیش از ایستگاه های داخل کوچه در هر دو منطقه بوده است. میانگین غلظت ذرات معلق (PM₁₀) در ایستگاه های تعیین شده در منطقه ۵ بیش از منطقه ۱ بوده است. میزان ذرات معلق (PM₁₀) در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی یک طبقه از طبقات دیگر بیشتر بوده است. در دو منطقه مذکور مقادیر ذرات در دو اندازه ۲/۵ و ۱ میکرون ارزیابی شده که مقادیر مربوط وجود ارتباط معنی دار بین PM₁₀ و PM_{2.5} و PM₁ را مشخص کرده است، به نحوی که هنگامی که مقادیر PM₁₀ بالا بوده، مقادیر PM_{2.5} و PM₁ نیز بالا بوده و بیشترین غلظت مربوط به ذرات با اندازه ۱ میکرون و کمترین غلظت مربوط به ذرات با اندازه ۱ میکرون بوده است. روش های کنترل آلاینده مذکور شامل کنترل منابع تولیدکننده ذرات، تهویه مناسب، پاکیزه نگه داشتن منازل، استفاده از تجهیزات مناسب برای بهبود کیفیت هوای داخل منازل، حل کردن مشکلات طراحی و ساخت و نگهداری ساختمان است.

کلیدواژه

آلودگی هوای داخل، کیفیت هوای داخل، ذرات معلق هوا (PM10)، ایستگاه های اندازه گیری، منطقه او ۵ شهرداری تهران

سرآغاز

طی سالیان متمادی، بتدریج نحوه ساخت و ساز به نحوی تغییر کرده است که برای جلوگیری از اتلاف انرژی، در اکثر ساختمان‌ها هوا محبوس می‌شود. به منظور جلوگیری از خروج هوای گرم و سرد از روش‌های متعددی، نظیر نصب پنجره‌های دوجداره، استفاده از مواد درزگیر برای پر کردن منافذ و شکاف‌ها، گردش هوای گرم یا سرد داخل ساختمان در سامانه تهویه استفاده می‌شود. متأسفانه قرار گرفتن در مجاورت هوای سرد و گرم به معنای تماس بیشتر با آلاینده‌هاست و گاهی اوقات باعث افزایش آنها نیز می‌شود.

به طور کلی در مناطق شهری بزرگ، مردم بیش از ۹۰ درصد وقت خود را در فضاها و محیط‌های بسته سپری کرده و شش درصد از بقیه وقت خود را در فضاهای باز و درصد اندکی را در داخل اتومبیل‌های شخصی خود می‌گذرانند. این موضوع بیانگر اهمیت توجه به مبحث آلودگی هوا در داخل محیط‌های بسته و نقش تأثیرگذار آن بر سلامت افراد است. تاکنون با وجود پیچیدگی مبحث آلودگی هوای داخل و اهمیت بسیار زیاد آن، مطالعات کمتری در این ارتباط نسبت به آلودگی هوای آزاد انجام پذیرفته است (غیاث‌الدین، ۱۳۸۵).

غلظت برخی از آلاینده‌ها در داخل ساختمان می‌تواند تا ۹۶ بار بیشتر از غلظت آن در محیط خارج باشد، اگرچه مقدار بسیاری از آلاینده‌های هوا در داخل ساختمان جذب سطوح و وسایل منزل می‌شوند، ولی منابع دیگری در ساختمان وجود دارند که منتشر کننده برخی از آلاینده‌ها در محیط داخل منازل بوده و آلودگی را در این محیط‌ها تا سطح غیرقابل قبول افزایش می‌دهند. با توجه به اینکه آلودگی هوا در فضاهای داخل منازل فقط منشأ بیرونی نداشته، بلکه برخی از آلاینده‌ها به وسیله منابع داخلی در هوای منازل منتشر می‌شوند، بنابراین شناسایی این منابع اهمیت ویژه‌ای دارد (Spengler et al, 2000).

منابع ذرات معلق هوا در محیط‌های داخل شامل دود سیگار، ذرات ناشی از تجهیزات احتراق بدون تهویه و یا تهویه نامناسب (اجاق گاز و بخاری نفتی)، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها و بقیه آلاینده‌های بیولوژیکی، رنگ‌ها، خورنده‌ها، تمیزکننده‌ها، آفت‌کش‌ها، بوگیرها، مواد و تجهیزات ساختمانی است (Gammage and Kagss, 2005).

برخی از علایم و آثار بسیار مشهود و مشترک ناشی از مواجهه با آلاینده‌ها در محیط بسته عبارت از سوزش چشم، سوزش مجاری تنفسی، آلرژی، ریزش مو، سردرد و سرگیجه، عوارض کبدی، عضلات قلبی، سیستم باروری، سیستم عصبی و سرطان هستند (www.Consumer Producer Safety Commission and Environmental Protection Agency, 2005).

روش بررسی

برای بررسی آثار آلودگی هوای داخل، اندازه‌گیری مشخصه‌های مورد نظر طی پنج ماه مدنظر قرار گرفته است. برای تعیین مکان‌های سنجش مشخصه ذرات معلق هوا در منازل مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران ملاحظات متعددی به شرح زیر مدنظر قرار گرفته است:

- انتخاب مکان‌های اندازه‌گیری آلاینده‌های مورد نظر در طبقات مختلف.
- انتخاب مکان‌های اندازه‌گیری آلاینده‌ها در موقعیت‌های مختلف، نظیر پرتدد، تردد متوسط و کم تردد از نظر وسایط نقلیه.
- توجه به نوع تهویه منازل در هنگام انتخاب محل نمونه‌برداری.
- توجه به اینکه منازل انتخابی در مناطق ۱ و ۵ شهرداری از لحاظ ویژگی در حد امکان شرایط یکسانی داشته باشند.

با توجه به موارد فوق، در نهایت ۲۰ ایستگاه برای سنجش آلاینده‌های هوا در مناطق ۱ و ۵ شهرداری در نظر گرفته شد که تعداد ۱۰ ایستگاه از آنها در منطقه ۱ و تعداد ۱۰ ایستگاه از آنها مربوط به منطقه ۵ شهرداری است. جانمایی ایستگاه‌های اندازه‌گیری در منازل مناطق مذکور در شکل‌های (۱) و (۲) ارائه شده است. با انتخاب ایستگاه‌ها، مشخصه‌ها و عوامل تأثیرگذار در داخل منازل، نظیر تعداد پنجره‌ها، مساحت منزل، نوع تهویه، نوع وسایل خانگی، نوع سوخت مصرفی، مصرف سیگار، ... نیز مدنظر قرار گرفته شد. بدین منظور فهرستی شامل کلیه مشخصه‌های مذکور که مبین میزان کمی و کیفی آنهاست، تدوین و در هنگام مراجعه به منازل نسبت به تکمیل آنها اقدام شد. مشخصات ایستگاه‌ها به صورت خلاصه در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است. ایستگاه‌های ۱ الی ۱۰ مربوط به منطقه ۱ و ایستگاه‌های ۱۱ الی ۲۰ مربوط به منطقه ۵ است. مدت زمان نمونه‌برداری پنج ماه (در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر) و در شرایط جوی یکسان و روزهایی که هوای صاف بود، انجام شد.

برای اندازه‌گیری ذرات معلق (PM10) از پمپ SKC استفاده شد. در کلیه اندازه‌گیری‌ها پمپ نمونه‌بردار در ارتفاع تنفسی (حدود ۱/۵ متر از سطح زمین) قرار گرفت. همچنین دستگاه باید در موقعیتی از منزل قرارگیرد (مانند اتاق نشیمن) که بیشترین مدت زمان را ساکنان در آن به سر می‌برند. در این دستگاه فیلترهای فایبر گلاس با قطر ۲۵mm مورد استفاده شد. تفاوت وزن فیلتر قبل و بعد از اندازه‌گیری، میزان ذرات را نشان می‌دهد. اعداد به دست آمده باید با توجه به دما و فشار و زمان اندازه‌گیری تصحیح شوند.

همچنین برای توزیع ذرات معلق از دستگاه TSI استفاده شد. این دستگاه، میزان ذرات معلق را برحسب میلی‌گرم بر متر مکعب مشخص می‌کند و با توجه به نوع نازل بکار برده شده، غلظت ذرات در سه اندازه ۱۰ میکرون، ۲/۵ میکرون و ۱ میکرون تعیین شدند.

جدول شماره (۱): مشخصات ایستگاه‌های انتخابی در منازل مسکونی منطقه ۱

موقعیت ایستگاه	موقعیت ساختمان		فضای سبز			نوساز یا قدیمی		نسبت وسعت منزل به مساحت پنجره ها			تعداد افراد ساکن			وضعیت ترافیک		
	جنوبی	شمالی	زیاد	متوسط	کم	سال <	سال >	۰۱ برابر	۱۱ تا ۱۴ برابر	بیش از ۱۵ برابر	>۴	۳ تا ۴	۲ تا ۳	پرتراфик	متوسط	کم ترافیک
ایستگاه ۱	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۲	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۳	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۴	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۵	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۶		●	●						●		●					●
ایستگاه ۷	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۸	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۹	●			●		●		●			●			●		
ایستگاه ۱۰	●			●		●		●			●			●		

جدول شماره (۲): مشخصات ایستگاه‌های انتخابی در منازل مسکونی منطقه ۵

موقعیت ایستگاه	موقعیت ساختمان		فضای سبز			نوساز یا قدیمی		نسبت وسعت منزل به مساحت پنجره ها			تعداد افراد ساکن			وضعیت ترافیک		
	جنوبی	شمالی	زیاد	متوسط	کم	سال <	سال >	۰۱ برابر	۱۱ تا ۱۴ برابر	بیش از ۱۵ برابر	>۴	۳ تا ۴	۲ تا ۳	پرتراфик	متوسط	کم ترافیک
ایستگاه ۱۱	●			●				●		●				●		
ایستگاه ۱۲	●			●				●		●				●		
ایستگاه ۱۳	●			●				●		●				●		
ایستگاه ۱۴	●			●				●		●				●		
ایستگاه ۱۵	●			●				●		●				●		
ایستگاه ۱۶	●			●		●		●		●				●		
ایستگاه ۱۷	●			●		●		●		●				●		
ایستگاه ۱۸	●			●		●		●		●				●		
ایستگاه ۱۹	●			●		●		●		●				●		
ایستگاه ۲۰		●				●		●		●				●		

یافته ها

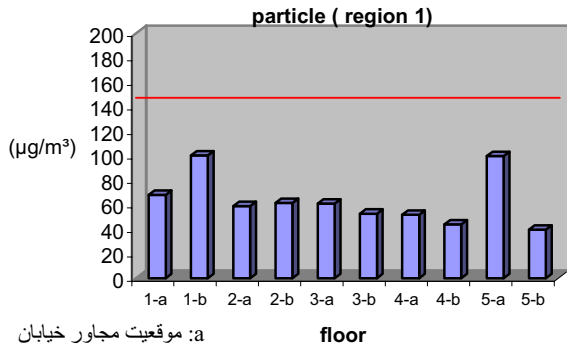
بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، مقادیر ذرات معلق هوا محاسبه و نتایج حاصل ثبت شده اند. جدول شماره (۳) و جدول شماره (۴)، توزیع وزنی ذرات معلق هوا را (PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1) در اندازه‌های متفاوت در منازل مسکونی مناطق ۵ شهرداری تهران نشان می‌دهد.

جدول شماره (۳): توزیع وزنی ذرات معلق هوا (PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1)

ردیف	موقعیت ایستگاه	میانگین PM_{10} ($\mu g/m^3$)	میانگین $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	میانگین PM_1 ($\mu g/m^3$)
۱	ایستگاه ۱	۶۷/۳۰	۴۰/۶۶	۳۴/۳۳
۲	ایستگاه ۲	۵۵/۳۳	۳۷/۶۶	۳۲
۳	ایستگاه ۳	۴۴	۲۳	۲۵/۶۶
۴	ایستگاه ۴	۴۵/۶۶	۲۸/۳۳	۲۵
۵	ایستگاه ۵	۴۸/۶۶	۳۶/۳۳	۳۰/۳۳
۶	ایستگاه ۶	۵۶/۶۶	۴۱	۳۲/۳۳
۷	ایستگاه ۷	۵۸/۳۳	۳۹/۶۶	۳۴
۸	ایستگاه ۸	۴۴/۳۳	۳۱/۶۶	۲۵
۹	ایستگاه ۹	۴۴/۶۶	۳۷	۲۷/۶۶
۱۰	ایستگاه ۱۰	۳۱/۳۳	۲۵/۶۶	۲۲/۶۶

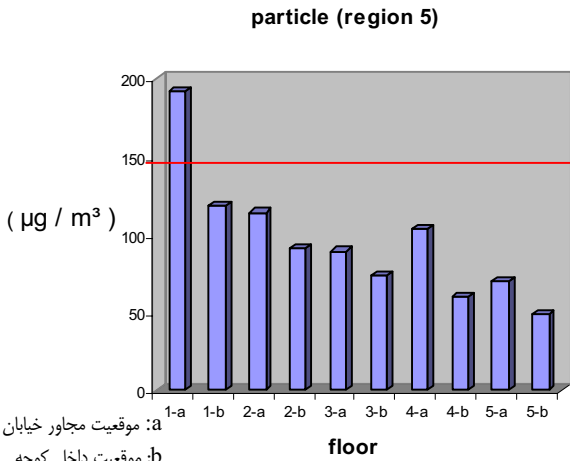
جدول شماره (۴): توزیع وزنی ذرات معلق هوا (PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1)

ردیف	موقعیت ایستگاه	میانگین PM_{10} ($\mu g/m^3$)	میانگین $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	میانگین PM_1 ($\mu g/m^3$)
۱	ایستگاه ۱۱	۶۴/۳۳	۳۶/۶۶	۲۹/۶۶
۲	ایستگاه ۱۲	۵۱/۳۳	۴۲	۳۶
۳	ایستگاه ۱۳	۴۱/۳۳	۳۲/۶۶	۲۵/۶۶
۴	ایستگاه ۱۴	۶۸	۳۹/۶۶	۳۲/۳۳
۵	ایستگاه ۱۵	۵۳	۳۲/۶۶	۲۹
۶	ایستگاه ۱۶	۶۱/۳۳	۵۱	۴۵
۷	ایستگاه ۱۷	۵۹/۶۶	۴۹/۶۶	۴۲/۳۳
۸	ایستگاه ۱۸	۵۹	۴۴/۶۶	۳۶/۶۶
۹	ایستگاه ۱۹	۴۶/۶۶	۳۶/۳۳	۳۰/۶۶
۱۰	ایستگاه ۲۰	۳۰	۲۲/۶۶	۲۱



a: موقعیت مجاور خیابان
b: موقعیت داخل کوچه

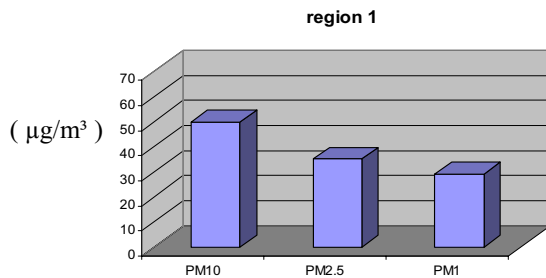
نمودار شماره (۱): میزان ذرات معلق (PM10) موجود در هوای اندازه گیری شده در ایستگاه های انتخابی منازل مسکونی منطقه ۱ شهرداری تهران



a: موقعیت مجاور خیابان
b: موقعیت داخل کوچه

نمودار شماره (۲): میزان ذرات معلق (PM10) موجود در هوای اندازه گیری شده در ایستگاه های انتخابی منازل مسکونی منطقه ۵ شهرداری تهران

همچنین در نمودارهای (۳) و (۴)، میانگین توزیع ذرات در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران تعیین شده است.



نمودار شماره (۳): میانگین توزیع ذرات در ایستگاه های تعیین شده منازل مسکونی منطقه ۱ شهرداری تهران

در جداول (۵) و (۶)، مقدار میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵٪ ذرات معلق موجود در هوا (PM₁₀) در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی مناطق ۱ و ۵ تعیین شده است.

جدول شماره (۵): میانگین، انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵٪ ذرات معلق موجود در هوا (PM₁₀) در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی منطقه ۱

طبقه	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد ۹۵٪	
			حد بالا	حد پایین
۱	۸۴/۰۸	۵۷/۱۳	۱۱۸/۷۲	۴۹/۴۵
۲	۶۰/۱۷	۲۰/۰۴	۷۲/۳۱۵	۴۸/۰۲
۳	۵۶/۷۵	۲۰/۲۶	۶۹/۰۳	۴۴/۴۷
۴	۴۷/۷۹	۲۲/۵۸	۶۱/۴۸	۳۴/۱۰۵
۵	۶۹/۶۸	۳۶/۵۷۵	۹۱/۸۶	۴۷/۵۱

جدول شماره (۶): میانگین انحراف معیار و حدود اعتماد ۹۵٪ ذرات معلق موجود در هوا (PM₁₀) در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی منطقه ۵

طبقه	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد ۹۵٪	
			حد بالا	حد پایین
۱	۱۵۴/۸۳	۶۰/۴۸	۱۹۱/۵۰	۱۱۸/۱۶۵
۲	۱۰۲/۸۸	۵۲/۶۳	۱۳۴/۷۸۵	۷۰/۹۷
۳	۸۱/۵۵	۵۵/۳۷	۱۱۵/۱۲	۴۷/۹۹
۴	۸۱/۸۳	۸۲/۵۳	۱۳۱/۸۷	۳۱/۸۰
۵	۵۹/۷۵	۴۱/۰۲	۸۴/۶۲	۳۴/۸۸

مقادیر میانگین و انحراف معیار کل ذرات معلق در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی، در مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران در جدول شماره (۷) محاسبه شده است.

جدول شماره (۷): میانگین و انحراف معیار کل ذرات معلق موجود در هوا (PM₁₀) در مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران

منطقه مورد مطالعه	میانگین	انحراف معیار	حدود اعتماد ۹۵٪	
			حد بالا	حد پایین
۱	۶۳/۶۹۵	۳۵/۴۹۶	۷۲/۶۷۷	۵۴/۷۱۳
۵	۹۶/۱۷۰	۶۶/۴۶۷	۱۱۲/۹۸۸	۷۹/۳۵۲

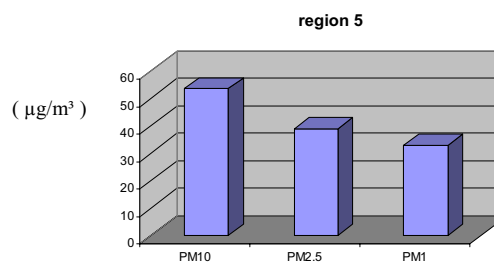
میانگین میزان ذرات معلق (PM10) موجود در هوای اندازه گیری شده در ایستگاه های انتخابی منازل مسکونی مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران در نمودارهای ۱ و ۲ ترسیم شده است.

استاندارد مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست است اما باید توجه کرد که مقادیر مذکور از توصیه های سازمان بهداشت جهانی بیشتر هستند. این واقعیت توجه به تهویه مناسب در منازل و بررسی دقیق تر کیفیت هوای داخل منازل را بیان می کند. به طور کلی با توجه به این مطالعات، منازلی که نسبت مساحت پنجره ها به مساحت منزل پایین تر است، دارای آلودگی ذرات بیشتری هستند و نحوه تمیز کردن منازل نیز در میزان ذرات مؤثر است، بطوری که در ساعات نظافت در منازل میزان غلظت ذرات افزایش می یابد. همچنین ایستگاه های ذکر شده در منطقه ۵ واقع شده اند که دارای افراد ساکن بیشتری نسبت به منطقه ۱ هستند. بر اساس آماري که سازمان مسکن و شهرسازی منتشر کرده، اکثر ساختمان های منطقه ۵ مطابق با اصول ساخت و ساز ساخته نشده اند. میزان آلودگی در منازل یک طبقه یعنی در طبقه اول در بین سایر طبقات از نظر ذرات معلق PM_{10} بیشتر است.

از نظر میزان ذرات معلق PM_{10} در منطقه ۵، ایستگاه های ۱۱ و ۱۶ دارای حداکثر مقادیر معادل $191 \mu g/m^3$ و $118/67 \mu g/m^3$ هستند. با توجه به این واقعیت واضح است که بیشترین مقادیر مربوط در منطقه ۵ از بیشترین مقادیر مربوط در منطقه ۱، بالاتر بوده که مبین وجود غلظت بالاتر ذرات PM_{10} در منطقه ۵ است.

در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از سنجش PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1 در مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران، می توان دریافت که بین مقادیر PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1 ارتباط معنی داری برقرار است، به نحوی که هنگامی که مقادیر PM_{10} بالا است، مقادیر $PM_{2.5}$ و PM_1 نیز در مرتبه بالایی قرار دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده توصیه می شود به منظور کاهش غلظت ذرات معلق هوا در خانه ها روش های زیر به کار برده شود: استفاده از تجهیزات گازسوز همراه با سیستم تهویه مناسب، در صورت فقدان سیستم تهویه، در هنگام کار با این تجهیزات باید میزان تهویه طبیعی را از طریق باز کردن در و پنجره ها افزایش داد، بازرسی و معاينه فنی تجهیزات گازسوز و تمیز کردن دودکش، هواکش و... (دست کم سالی یک بار) و رفع فوری نشی ها، تعویض فیلترهای مورد استفاده و تمیز نگه داشتن این فیلترها مطابق با توصیه های سازنده، انتخاب صحیح اندازه اجاق گاز و هود بالای سر آن، حذف دود سیگار، کاهش یا عدم استفاده از انواع افشانه ها، تمیز کردن بموقع منازل برای جلوگیری از وجود گرد و غبار و ویروس ها و باکتری ها و... عدم استفاده از عایق های حرارتی، ضد حریق ها، مواد اکوستیکی و مصالح ساختمانی که در آن ازبست استفاده شده است، حذف و یا کاهش میزان استفاده از آفت کش ها، قارچ کش ها و... در داخل و یا اطراف منازل، طراحی، نصب و نگهداری صحیح سامانه تهویه (در صورت عدم رعایت مواد ذکر شده، این سامانه می تواند منبعی از تولید گرد و غبار،



نمودار شماره (۴): میانگین توزیع ذرات در ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی منطقه ۵ شهرداری تهران

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از سنجش از نظر تاثیرگذاری مشخصه های مختلف، نظیر موقعیت واحد مسکونی، طبقه واحد مسکونی، منطقه مورد مطالعه، مورد ارزیابی و آنالیز آماری قرار گرفته و نتایج حاصل از آنالیز آماری مذکور در جداول (۸) و (۹) ارائه شده است.

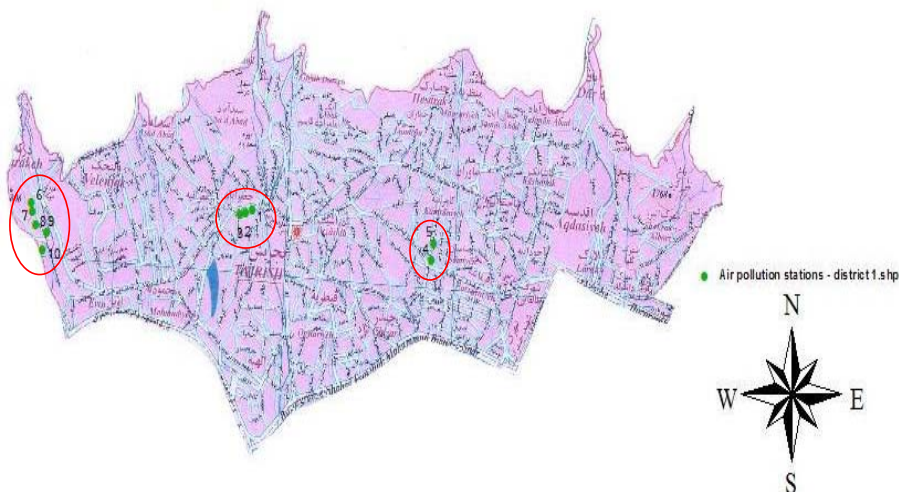
با توجه به نتایج حاصل از سنجش در مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران ایستگاه های ۱۱ و ۱۶ دارای بیشترین مقادیر ذرات معلق هوا (PM_{10})، به ترتیب معادل $191 \mu g/m^3$ و $118/67 \mu g/m^3$ هستند. همچنین مقادیر $PM_{2.5}$ در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای حداکثر مقادیر معادل $51 \mu g/m^3$ و $49/66 \mu g/m^3$ و میزان PM_1 در ایستگاه های ۱۶ و ۱۷ دارای حداکثر مقادیر معادل $45 \mu g/m^3$ و $42/33 \mu g/m^3$ است. با توجه به نمودارهای (۱) و (۲)، میزان غلظت PM_{10} در اکثر ایستگاه های منطقه ۵ بیشتر از مقادیر منطقه ۱ است و براساس جداول (۳) و (۴) مقادیر ثبت شده در ارتباط با غلظت $PM_{2.5}$ در منطقه ۵ بیشتر از منطقه ۱ بوده است. مقادیر PM_1 نیز در اغلب ایستگاه های منطقه ۵ بیشتر از ایستگاه های منطقه ۱ است. همان گونه که از مقادیر اندازه گیری شده مشخص است، بنا به استاندارد ۲۴ ساعته مورد تأیید سازمان حفاظت محیط زیست که معادل $150 \mu g/m^3$ می باشد، در ایستگاه شماره ۱۱ غلظت ذرات (PM_{10}) تقریباً $1/27$ برابر بالاتر از حد مجاز تعیین شده به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست است. دلایل متعددی در مورد بالابودن غلظت ذرات در این ایستگاه وجود دارد، از جمله تهویه نامناسب، عدم وجود هواکش در آشپزخانه، وجود آلودگی از نظر ذرات در خیابان، فقدان تهویه مکانیکی و تعداد زیاد افراد ساکن نسبت به مساحت منزل، وجود موکت قدیمی در سراسر خانه و سن بالای ساختمان را می توان برشمرد. غلظت استاندارد ۲۴ ساعته سازمان حفاظت محیط زیست $150 \mu g/m^3$ است، در صورتی که استاندارد ۲۴ ساعته سازمان بهداشت جهانی $70 \mu g/m^3$ است که در این صورت ایستگاه های ۱۱، ۱۶، ۱۲، ۱۷، ۱، ۱۸، ۱۴، ۱۰، ۱۵ دارای مقادیر بالاتر از حد مجاز می باشند. در حال حاضر مقادیر PM_{10} در اکثر ایستگاه ها پایین تر از

(American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2005). (www.cleaning-guide.com, 2005). (www.epa, gov, 2005). (environmental services. Inc, 2005) (www.wolverton)

ذرات بیولوژیکی و ... باشد)، کاهش و یا عدم استفاده از بخاری های نفتی، انتخاب صحیح وسایل و مبلمان خانگی، استفاده از گیاهان مناسب که توانایی جذب ذرات آلاینده را دارند.

جدول شماره (۸) : تحلیل نتایج آنالیز آماری ذرات معلق هوا (PM₁₀) در مناطق مسکونی ۱ و ۵ شهرداری تهران

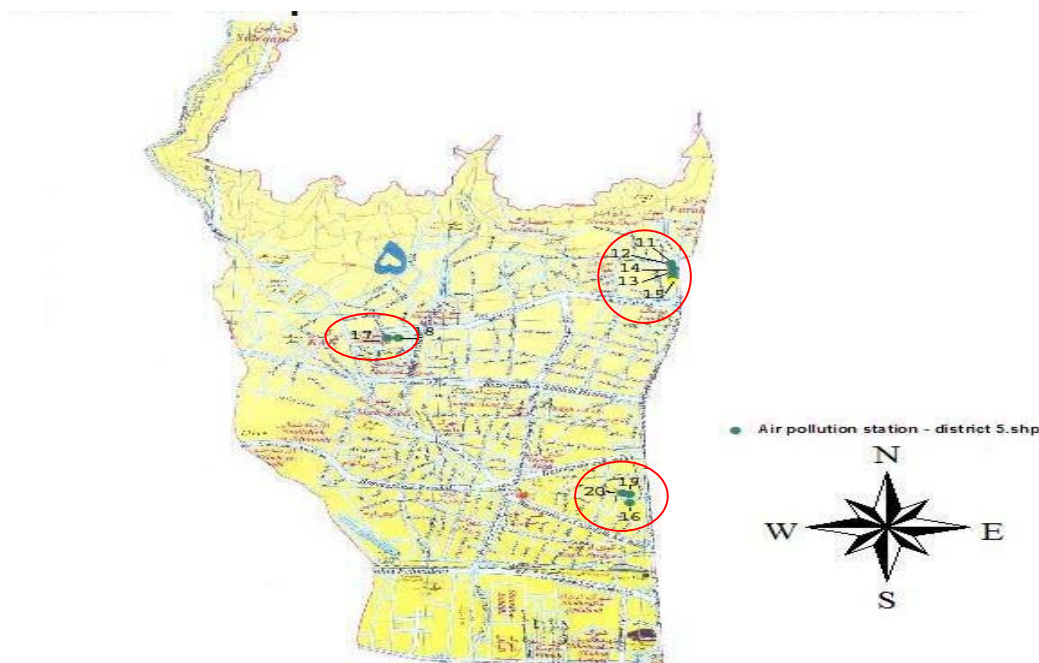
ملاحظات	سطح معنی دار	موقعیت دارای اختلاف معنی دار	منطقه مورد مطالعه
ایستگاه های انتخابی از یک تا پنج طبقه کنار خیابان دارای ذرات معلق بیشتری نسبت به ایستگاه های انتخابی از یک تا پنج طبقه داخل کوچه در منطقه ۱ هستند و میزان آن از طبقه اول به طرف طبقات بالا کاهش می یابد. دلایل کمتر بودن ذرات در ایستگاه های داخل کوچه عبارتند از: - تردد کمتر خودروها و آلودگی پایین تر هوای محیط بیرون؛ - تعداد افراد ساکن کمتر؛ - وجود فضای سبز بیشتر در اطراف این ایستگاهها؛ - عدم استفاده از سیگار.	۰/۰۱۸	موقعیت - طبقه	۱
ایستگاه های تعیین شده در منازل مسکونی در موقعیت کنار خیابان در منطقه ۵، دارای ذرات معلق هوای بیشتری از ایستگاه های انتخابی در داخل کوچه است. دلایل عمده بالا بودن ذرات در ایستگاه های مجاور خیابان عبارتند از: - تردد بیشتر خودروها در ایستگاه های تعیین شده؛ - تهویه نامناسب؛ - تعداد افراد ساکن بیشتر در این ایستگاهها، با توجه به مساحت کمتر منازل؛ - وجود فضای سبز کمتر در اطراف این ایستگاهها.	۰/۰۲۴	موقعیت	
ایستگاه های یک طبقه تعیین شده در منطقه ۵ دارای ذرات معلق بیشتری نسبت به ایستگاه های سه و پنج طبقه در این منطقه است. علت آن ناشی از عوامل زیر است: - در ایستگاه های سه و پنج طبقه، میزان تهویه طبیعی بهتر از ایستگاه های یک طبقه است. - تعداد افراد ساکن کمتر در ایستگاه های ۳ و ۵ طبقه؛ - مفروش بودن نامناسب کف ایستگاه های یک طبقه؛ - نحوه نامناسب و تعداد دفعات تمیز کردن منازل در طبقه اول کمتر از طبقات ۳ و ۵؛ - پیش بینی می شود هر چه به سمت طبقات بالاتر رویم میزان ذرات کمتر شود که این امر را در میزان تفاوت ذرات در طبقه های اول با سوم و پنجم می توان مشاهده کرد.	۰/۰۰۳	طبقه	۵



شکل شماره (۱): نقشه جانمایی ایستگاه های سنجش آلودگی هوای منازل در منطقه ۱ شهرداری تهران

جدول شماره (۹): تحلیل مقایسه نتایج آنالیز آماری ذرات معلق هوا (PM₁₀) در ایستگاه‌های تعیین شده در منازل مسکونی مناطق ۱ و ۵ شهرداری تهران

ملاحظات	سطح معنی دار	موقعیت دارای اختلاف معنی دار
به طور کلی میزان ذرات معلق موجود در هوا در ایستگاه‌های تعیین شده کنار خیابان بیشتر از ایستگاه‌های تعیین شده در داخل کوچه‌ها است. علت آن ناشی از عوامل زیر است: - تردد کمتر خودروها در ایستگاه‌های داخل کوچه؛ - عدم استفاده از سیگار در ایستگاه‌های داخل کوچه؛ - تعداد افراد ساکن کمتر؛ - وجود فضای سبز بیشتر در این ایستگاه‌ها.	۰/۰۱۳	موقعیت
میزان ذرات معلق هوای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های تعیین شده در منطقه ۵ بیشتر از منطقه ۱ است. دلایل عمده آن عبارتند از: - تهویه نامناسب؛ - نسبت مساحت پنجره‌ها به مساحت منازل پایین‌تر (تهویه طبیعی پایین‌تر)؛ - مفروش بودن بعضی از ایستگاه‌ها و نوع وسایل بکار رفته؛ - میزان فضای سبز پایین‌تر؛ - سن بیشتر ساختمان‌ها در منطقه ۵؛ - استفاده از وسایل و تجهیزات با کیفیت پایین‌تر در ایستگاه‌های انتخابی در منازل مسکونی منطقه ۵.	۰/۰۰۰	منطقه
به طور کلی ایستگاه‌های انتخابی یک طبقه دارای ذرات بیشتری نسبت به ایستگاه‌های انتخابی سه و پنج طبقه است. دلایل آن را می‌توان ناشی از عوامل زیر دانست: - تهویه نامناسب در ایستگاه‌های طبقه اول؛ - تأثیر بیشتر آلودگی هوای بیرون؛ - مفروش بودن نامناسب کف بعضی از ایستگاه‌های طبقه اول؛ - پیش بینی می‌شود هر چه از طبقه اول به سمت طبقات بالاتر رویم (در شرایط یکسان)، میزان ذرات کاهش یابد.	۰/۰۰۰	طبقه



شکل شماره (۲): نقشه جانمایی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای منازل در منطقه ۵ شهرداری تهران

منابع مورد استفاده

غیاث‌الدین، منصور. ۱۳۸۵. آلودگی هوا، اثرات، منابع و کنترل؛ انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2005. Achieving Healthy Indoor Air, pp: 3-7.

Gammage, A. and Kagss, M. 2005. Indoor Air and Human Health. Lewis publishers; pp:18-31.

Spengler, M; et al. 2000. Indoor Air Quality Handbook. MC Graw-Hill:

www.cleaning-guide.com. 2005. How You Can Clean Your Home.

www. Consumer Producer Safety Commission and Environmental Protection Agency. 2005. The Inside Story a Guide to Indoor Air Quality.

www.epa. gov. 2005. A Guide to Indoor Air Quality. IAQ publication.

www.Wolverton Environmental Services. Inc. 2005. Frequently Asked Questions about Indoor Air Pollution.