ارزیابی کیفیت هوای داخلی منازل مسکونی در کرمانشاه

پریسا سهرابی پیردوستی[۱*] ، دکتر جلیل صحرایی[۲]

*۱-دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک اتمسفر، دانشگاه رازی، کرمانشاه parisasohrabi92@gmail.com.

۲-استادیار، عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۱۰ تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

کیفیت هوای محیط داخلی، به دلیل اثر مستقیم آن بر سلامتی و آسایش انسان اهمیت زیادی دارد. نتیجه‌ی تحقیقات نشان می دهد که همواره محیط‌های بسته ۵ الی ۱۰ برابر آلوده‌تر از محیط‌های خارجی مجاور خود هستند، و این درحالی است که ۸۰ درصد اوقات و ساعات زندگی انسان‌ها در محیط‌های بسته سپری می‌شود (اره جانی و همکاران. ۱۳۹۱). در این پژوهش به منظور بررسی ذرات معلق، اندازه گیری ذرات در چهار منزل مسکونی با شرایط متفاوت در شهر کرمانشاه به وسیله ی دستگاه شمارنده ذرات (particle counter) انجام گرفته است. با استفاده از اندازه گیری های بعمل آمده، ضمن مقایسه غلظت ذرات معلق در ۴ ایستگاه، به تاثیر رطوبت برای هر ایستگاه در شرایط وضع هوای متفاوت نیز پرداخته شده است. نتایج حاصل بیان می کند که در منزلی که از شوفاژ به عنوان سیستم گرمایشی استفاده می شود ذرات معلق از غلظت کمتری برخوردار هستند. و وجود پنجره در منزل مانند یک تهویه عمل می کند. همچنین تعداد افراد ساکن در منزل بر غلظت ذرات معلق در محیط داخلی تاثیر داشته است، و همچنین میزان رطوبت با ذرات معلق محیط داخلی دارای یک رابطه ی مستقیم می باشند.

کلمات کلیدی

"آلاینده های هوا"، "آلودگی هوای داخلی"، "شمارنده ی ذرات"

Assessment of Indoor Air Quality of Residential Homes in Kermanshah

Parisa Sohrabi Pirdosti[1*], Dr. Jalil Sahraei[2]

*1-M.Sc.student of atmosphere physics,razi university Email: parisasohrabi92@gmail.com

2-Assistant Professor of physics department at razi university

Abstract

Indoor air quality is very important due to its direct impacts on human health and welfare. According to surveys, a closed space has 5 to 10% higher pollutants compared to the adjacent open spaces, People, on average, spend approximately 80 percent of their time in indoor environments. (Are Jani .et at .2012) In this study, the particulate matter are measured through a particle counter instrument in four different stations in city of Kermanshah in order to identify the indoor particles. Comparing the concentration of particulate matter in 4 stations and the impact of humidity for each station and under two different environmental conditions are discussed. The results imply that the heating systems generate fewer pollutants in closed spaces, and windows can act as a ventilation channel. Moreover, the number of residents impacts the number of particulates in the inner space and the number of particulates has positive correlation with humidity.

Keywords:

"particulate matter", "indoor air quality", "particle counter"

۱- مقدمه

آلودگی هوا یکی از مشکلات اساسی در مناطق شهری است. در بیشتر نقاط جهان به خصوص کشورهای صنعتی، منابع انسانی آلاینده ها و فعالیت های بشری تاثیر بسزایی بر آلودگی هوا دارد. تاثیر مستقیم آلاینده های هوا بر سلامتی، نیاز به اندازه گیری میزان آلودگی هوا، توسعه ی مدل های پیش بینی و کنترل آلاینده ها را روزافزون کرده است. آلودگی هوا سلامتی انسان، زندگی گیاهی، میراث فرهنگی را تهدید می کند و برای محیط زیست زیانبار است و همچین موجب از بین رفتن زیبایی محیط می شود.

آلودگی هوا در محیط داخلی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. آلودگی هوا در محیط های داخلی در اکثر کشورهای مختلف دنیا با سوزندان سوخت های فسیلی سلامتی عموم مردم را تحت تاثیر قرار می دهد.

کیفیت هوای محیط های داخلی به دلیل اثر مستقیم بر سلامتی و آسایش انسان اهمیت زیادی دارد. میزان آلاینده ها در محیط های داخلی زیاد است این امر از آنجا ناشی می شود که در محیط های داخلی برخلاف محیط های خارجی امکان جابجایی آلودگی ها به دلیل عدم وزش باد بسیار پایین است. علت اصلی کیفیت بد هوای داخل منازل آزاد شدن گازها و ذرات معلق در داخل محیط می باشد. عدم استفاده از تهویه مناسب می تواند میزان آلودگی محیط منازل را چند برابر افزایش دهد. یکی از علل مهم آلودگی فضای داخلی، عدم جابجایی و ورود هوای بیرون به داخل است که باعث رقیق شدن آلاینده های پخش شده ناشی از منابع داخلی می شود. از طرفی بدون خروج و انتقال کامل هوای آلوده داخل به بیرون غلظت آلودگی شدت یافته و ماندگار می شود. مقدار رطوبت و دمای بالا نیز تاثیر گذار بوده و باعث تراکم آلاینده ها و افزایش آلودگی می گردد (اره جانی و همکاران . ۱۳۹۱).

امروزه ثابت شده است که تاثیر آلودگی هوا در محیط های داخلی مانند اماکن مسکونی و محیط های کاری بیش از آلودگی هوا در فضای شهری است، زیرا مردم زمان بیشتری را در این محیط ها سپری می کنند. آلاینده های داخلی از گستره و تنوع بیشتری برخوردار هستند و منشا و منابع آن ها عبارت است از :

۱- تجهیزات و لوازم موجود در ساختمان مانند مبلمان، مصالح و مواد ساختمانی مانند آزبست به کار رفته در مواد عایق کاری و یا فرش ها و موکت ها.

۲- فعالیت های مختلف انسان از قبیل پخت و پز، نظافت، استفاده از دستگاه های فتوکپی و چاپگرها، وسائل گرما زا، سرمازا، استفاده از انواع ضدعفونی کننده ها، شوینده ها، سفید کننده ها، حلال ها، اسپری ها، حشره کش ها، مصرف دخانیات و غیره.

۳- نفوذ هوای آلوده بیرون، ذرات معلق، ترکیبات آلی فرار (VOCs)[1] ، اکسیدهای نیتروژن(NO_X)، اکسیدهای گوگرد (SO_x)، کربن منوکسید(CO)، ازن، فرمالدئید، گاز رادیو اکتیو رادن، آزبست، هاگ ها، کپک ها، قارچ ها و ویروس ها اصلی ترین آلاینده ها در محیط های داخلی می باشند (صحرایی ، ۱۳۹۰).

نتایج مطالعات در استان عجبشیر نشان داده است که به دلیل استفاده از سوخت های فسیلی، تنور های سنتی در داخل منازل روستایی، سوخت های جامد، اجاق های روباز و فاقد دودکش در داخل منازل، عدم رعایت بهداشت محیط و وجود کارگاه قالی بافی در محل سکونت افراد خانوار میزان غلظت آلاینده ها بالا می باشد (عتابی و همکاران . ۱۳۹۰).

در سال (۲۰۰۲-۲۰۰۳) در شهر اسلو اندازه گیری ذرات معلق داخل و خارج منزل در فصل تابستان و زمستان صورت گرفته است. اندازه گیری های داخلی و خارجی نشان دهنده ی سهم مهم هوای فضای خارجی در کیفیت هوای داخل ساختمان و تاثیر منابع داخلی خاص مانند سیگار کشیدن و پخت و پز به تولید و تجمع ذرات معلق[2](PM) در داخل منازل است (Lazaridis.M et al.2006).

در سال۲۰۱۷ مطالعاتی در جهت بررسی کیفیت هوا در داخل ساختمان های مسکونی در نیجریه صورت گرفته است. این مطالعه به ارزیابی کربن مونو اکسید، رطوبت نسبی داخلی و دما داخلی پرداخته است. تجزیه و تحلیل نشان می دهدکه غلظت بالایی از آلاینده ها در محیط داخلی ساختمان وجود دارد این مطالعه رویکرد جدیدی از طراحی ساختمان های مسکونی را پیشنهاد می کند که تضمین حذف فوری آلودگی های هوای داخل ساختمان را از منبع تولید آن می دهد. طولانی بودن مدت زمان پخت غذا آلودگی زیادی را در ساختمان های م سکونی ایجاد می کند، که وجود این آلودگی ها در محیط داخلی باعث ایجاد عفونت های تنفسی حاد و مرگ در کودکان می شود (Ezezue AM and Diogu JO.2017).

[1] Volatile organic compounds

[2] Particulate Matter

در مطالعه ای، جهت بررسی کیفیت هوای داخل منازل مسکونی منطقه ی ۱و۵ تهران غلظت PM_{10} در ۲۰ ایستگاه مورد سنجش قرار گرفته است. برای سنجش آلاینده های در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج حاصل از اندازه گیری، منازلی که نسبت مساحت پنجره ها به مساحت منزل پایین تر است دارای آلودگی بیشتری هستند. همچنین تمیز کردن منازل نیز در میزان ذرات معلق موثر است بطوری که در ساعات نظافت در منازل میزان غلظت ذرات افزایش می یابد. در منازل چند طبقه، طبقه ی اول در بین سایر طبقات ذرات معلق PM_{10} بیشتری دارد (منصور. ۱۳۸۵).

در راستای بررسی کیفیت هوای داخلی منازل مسکونی در هنگ کنگ چند خانه به عنوان ایستگاه در نظر گرفته شد و هر خانه ۲ الی ۳ بار مورد پایش قرار گرفت. نتایج حاصل بیانگر این است که : غلظت ذرات معلق در داخل منزل بیشتر از خارج است. در منازل مسکونی غلظت افزایشی ذرات ریز به مصرف دخانیات و استفاده از اجاق گاز برای پخت و پز مربوط می شود. علاوه بر پخت و پز و مصرف دخانیات، بعضی از فعالیت های داخل منزل نظیر جارو کشیدن و تمیز کردن منجر به افزایش غلظت ذرات زیادی در منزل می شود (Shun ChengLee) et al.2002).

در این تحقیق به اندازه گیری ذرات معلق در منازل مسکونی توسط دستگاه شمارنده ی ذرات (particle counter) پرداخته شده و کیفیت هوای محیط داخلی بررسی شده است. با در نظر گرفتن عواملی مانند: موقعیت منطقه، دما، رطوبت، نقشه ساختمان و نوع تهویه در منازل مختلف و با استفاده از دستگاه شمارنده ی ذرات، ذرات معلق موجود در محیط اندازه گیری شده است و با بیان راهکار هایی برای حذف و یا کاهش آنها، می توان محیطی پاک در منزل ایجاد نمود.

۲-روش انجام تحقیق

۲-۱- محدوده ی مورد مطالعه

نظر به اینکه امروزه ذرات معلق حاصل از منابع مصنوعی(ترافیک، نیروگاه های برق، کارخانه ها و...) و منابع طبیعی(طوفان گرد و غبار) در کلان شهرهایی مانند کرمانشاه یک تهدید کننده جدی برای سلامت انسان محسوب می شود، بنابراین بررسی فراوانی ذرات معلق در فضای شهری و محیط های داخلی (ساختمان های مسکونی، ساختمان های اداری) در استان کرمانشاه ضرورت دارد. با توجه به اینکه استان کرمانشاه یکی از استان های درگیر طوفان گرد و غبار است و کیفیت هوای خارج کیفیت هوای داخل را تحت تاثیر قرار می دهد، بنابراین در

این پژوهش به بررسی تعداد ذرات معلق در قسمت های مختلف منازل مسکونی این استان پرداخته شده است.

در بررسی کیفیت هوای داخل منازل مسکونی در استان کرمانشاه از نظر ذرات معلق، ۴ ایستگاه در مناطق مختلف شهری برای سنجش در نظر گرفته شده است. ایستگاه های انتخاب شده دارای شرایط متفاوتی نسبت به یکدیگر از نظر میزان ترافیک و نوع منزل مسکونی می باشند. غلظت ذرات معلق موجود در هوای این ایستگاه ها در شرایط وضع هوای متفاوت نیز با یکدیگر مقایسه شده اند.

۲-۲- معرفی دستگاه اندازه گیری

۲-۲-۱- شمارنده ذرات (particle counter) لایت هاوس دستی

اندازه و قابلیت حمل شمارنده های ذرات دستی ۳۰۱۶ آن ها را به یک وسیله ی ایده آل برای بررسی کیفیت هوای داخلی و تعیین منابع آلوده کننده تبدیل کرده است. به علاوه این دستگاه برای کنترل و سنجش پاکیزگی هوا بسیار مفید است. این ابزار سبک وزن، شش کانال شمارش ذرات در محدوده ۰/۳ الی ۲۵ میکرومتر (در اندازه های ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰، ۲۵) را بطور همزمان اندازه گیری و در حافظه خود ذخیره می نماید همچنین قابلیت اندازه گیری و نمایش رطوبت نسبی و دمای محیط را نیز دارد. که این اطلاعات به آسانی توسط نرم افزار LMS XChang به کامپیوتر منتقل می شود. این وسیله می تواند ۳۰۰۰ گزارش را در حافظه ی خود ذخیره نماید. تمام اطلاعات مهم با استفاده از نرم افزار انتقال داده شمارنده ذرات به راحتی قابل دانلود شدن می باشند. دستگاه شمارنده ی ذرات معلق دستی لایت هاوس ۳۰۱۶ دارای یک صفحه نمایش اصلی است که یک تصویر لحظه ای از وضعیت دستگاه به کاربر ارائه می دهد.

بخش نرم افزاری دستگاه دارای این قابلیت است که با رفتن به قسمت منوی آن بتوان مدت زمان اندازه گیری، تعداد دفعات اندازه گیری و زمان توقف بین دو اندازه گیری را به دلخواه تعیین کرد. با روشن کردن دستگاه با توجه به مدت زمانی که از قبل تعیین شده دستگاه شروع به اندازه گیری ذرات در محل مورد نظر کرده و با به اتمام رسیدن اندازه گیری، دستگاه برای مدتی متوقف و مجدداً

اندازه گیری را شروع می کند. تا زمانی که چرخه ی تعریف شده برای آن به اتمام برسد.

۳-۲- مشخصات ایستگاه

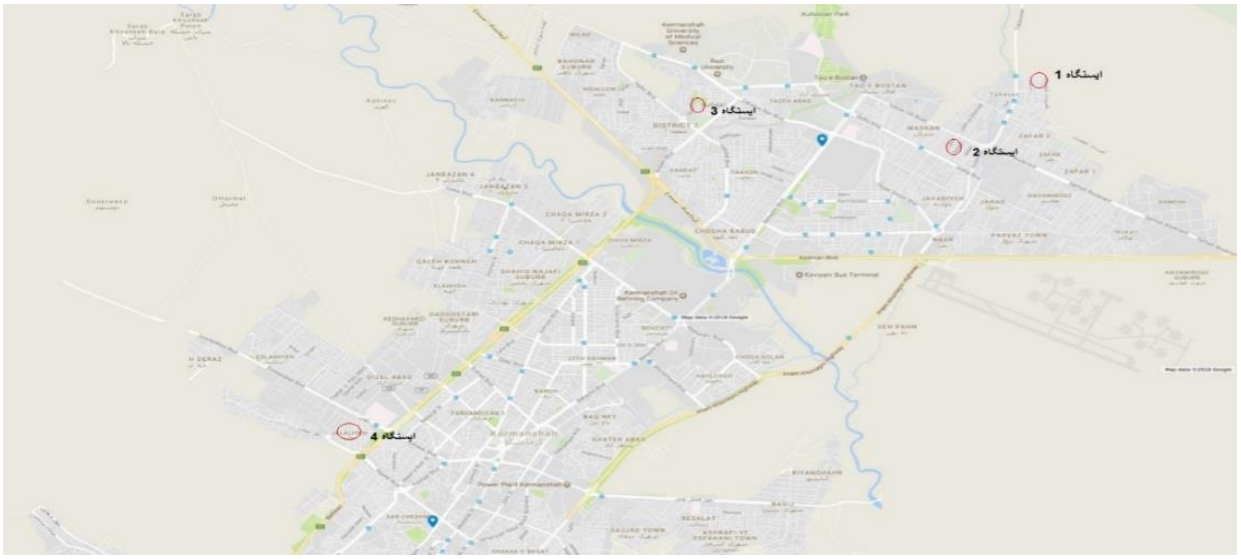
با انتخاب ایستگاه ها، پارامتر ها و فاکتورهای تاثیرگذار نظیر: تعداد پنجره ها، مساحت ساختمان، تعداد افراد ساکن، نوع تهویه، سیستم گرمایشی و سرمایشی، میزان فضای سبز، محدوده ی ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور انجام اندازه گیری ذرات معلق از شمارنده ی ذرات استفاده گردیده است. اندازه گیری به وسیله ی دستگاه شمارنده ی ذرات در بازه های زمانی در قسمت های مختلف منازل مسکونی مانند: آشپزخانه، هال، اتاق خواب و اتاق خواب کودک انجام گرفته است. که مشخصات هر یک در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول۱- مشخصات ایستگاه های اندازه گیری

ایستگاه	منازل	سیستم گرمایشی	سیستم سرمایشی	تعداد افراد ساکن	محدوده ترافیکی	تعداد پنجره
۱	تک واحدی	بخاری	کولر آبی	۵ نفر	کم تردد	۲ عدد بزرگ
۲	آپارتمان	شوفاژ	کولر گازی	۳ نفر	پر تردد	۱عدد و تراس
۳	تک واحدی	بخاری	کولر آبی	۴ نفر	پرتردد	۴ عدد
٤	آپارتمان	بخاری	کولرآبی و گازی	۴ نفر	کم تردد	۱عدد

شکل۱- نقشه ی ایستگاه های مورد مطالعه



۳-نتایج

اندازه گیری ذرات معلق در چهار روز در آذر ماه سال ۱۳۹۷ در اندازه های ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ و ۲۵ میکرومتر انجام گرفته است. در هر چهار منزل مسکونی، آشپزخانه، هال، اتاق خواب و اتاق کودک مورد مطالعه قرار گرفته است و شرایط وضع هوا یکسان و به صورت بارندگی بوده است.

در هر ایستگاه، چهار نقطه نمونه برداری شده است. نتایج مطالعات بر اساس اندازه گیری های صورت گرفته در ایستگاه ۱ به شرح زیر بیان می شود.

یکی از نقاط مورد اندازه گیری، آشپزخانه بوده است. در آشپزخانه هنگام نمونه برداری اجاق گاز روشن و هود خاموش بوده است. با توجه به داده های بدست آمده، غلظت ذرات در اندازه ۰/۳ میکرومتر با فراوانی بیش از (m^3) ۲/۳۱۰/۰۰۰ در هر متر مکعب بیشتر از سایر ذرات با اندازه های دیگر بوده است و به ترتیب ذرات با اندازه های ۰/۵، ۱، ۵ و۱۰ میکرومتر تعداد (m^3) ۲۴۳/۹۱۳، (m^3) ۱۱۵/۴۹۹، (m^3) ۲/۲۱۳، (m^3) ۱/۱۹۹ در هر متر مکعب را به خود اختصاص داده اند. باید توجه داشت که ذرات با اندازه ۲۵ میکرومتر ثبت نشده است این ذرات که "ذرات درشت" نامیده می شوند عمدتاً از تجزیه ی ذرات بزرگتر ایجاد می شوند و شامل نمک های دریا، ذرات گرد و غبار ناشی از فرایندهای کشاورزی می باشند. (جوانبخت امیری و خاتمی، ۱۳۹۱)

نقطه مورد اندازه گیری دیگر در هر منزل، هال بوده است . در هال نیز مانند آشپزخانه ذرات معلق در اندازه ۰/۳ با تعداد (m^3) ۱/۶۷۷/۹۳۰ بیشینه مقدار را دارد و ذرات با اندازه ۰/۵ به تعداد (m^3) ۲۰۰/۶۶۰، ۱ میکرومتر به تعداد (m^3) ۹۳/۹۳۴، ۵ میکرومتر به تعداد (m^3) ۱/۱۱۱و ۱۰ میکرومتر با تعداد (m^3) ۷۵۱ را به خود اختصاص داده اند.

مکان نمونه برداری دیگر، اتاق خواب بوده است. در اتاق خواب سیستم گرمایشی و دریچه ی کولر وجود ندارد. در این محل نیز غلظت ذرات با اندازه ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰ میکرومتر به ترتیب ۱/۰۶۴/۱۱۴، ۱۲۵/۲۴۴، ۵۴/۷۶۲، ۴۸۳ و ۴۱۱ مترمکعب (m^3) بوده است که در این نقطه نیز ذرات با اندازه ۰/۳ بیشینه و ذرات با اندازه ۱۰ میکرومتر کمینه فراوانی را داشته اند.

محل نمونه برداری دیگر، اتاق خواب کودک بوده است. در این نقطه نمونه برداری مانند سایر محل ها ذرات با اندازه ۰/۳ با تعداد (m^3) ۶۱۰ /۹۹۹ بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده اند و ذرات با اندازه ۱۰ میکرومتر با تعداد (m^3) ۴۱۳ کمترین فراوانی را در محیط داشته اند. ذرات در اندازه های ۰/۵، ۱ و ۵ میکرومتر به ترتیب با تعداد (m^3) ۱۱۱/۰۱۰، (m^3) ۴۹/۸۶۱و (m^3) ۴۵۷ در محیط یافت شده اند.

نتایج حاصل از اندازه گیری در ایستگاه ۱ نشان می دهد که، در آشپزخانه ذرات معلق بیشتری نسبت به سایر محل های نمونه برداری وجود دارد که به دلیل استفاده ی مداوم از اجاق گاز در تمام روز است. و به ترتیب هال، اتاق خواب و اتاق خواب کودک ذرات معلق بیشتری را به خود اختصاص داده اند. وجود پنجره ی بزرگ در اتاق خواب کودک که در عمل یک تهویه ی طبیعی است این محل را نسبت به سایر محل ها پاک تر کرده است.

اندازه گیری های صورت گرفته در ایستگاه ۲ نشان می دهد که در آشپزخانه ذرات در اندازه ۰/۳ میکرومتر با فراوانی۲/۳۶۹/۹۱۸ در هر مترمکعب، بیشینه تعداد و ذرات با اندازه ۱۰ میکرومتر با فراوانی (m^3) ۹۲۶ کمینه تعداد را در محیط داشته اند. از طرفی در هال نیز ذرات ۰/۳ با تعداد (m^3) ۲/۱۷۳/۲۲۲ و ذرات با اندازه ۱۰ با تعداد (m^3) ۸۱۰ بیشینه و کمینه تعداد را به خود اختصاص داده اند. همچنین در اتاق خواب ذرات ۰/۳ با تعداد (m^3) ۲/۶۱۷/۱۶۸ و ذرات با اندازه ۱۰ با تعداد (m^3) ۳۱۰ بیشینه و کمینه تعداد را در محیط داشته اند و همینطور در اتاق خواب کودک ذرات ۰/۳ با فراوانی (m^3) ۲/۸۳۷/۳۸۱ و ذرات ۱۰ میکرومتر با فراوانی (m^3) ۴۴۰ بیشینه و کمینه تعداد در محل را به خود اختصاص داده اند. با توجه به نتایج حاصل در ایستگاه ۲ اتاق خواب کودک ذرات معلق بیشتری را نسبت به سایر نقاط نمونه برداری به خود اختصاص داده است. که می توان علت آن را به وجود یک پنجره در اتاق که بدون شیشه بوده و رو به آشپزخانه است نسبت داد. و هال کمترین آلودگی را در این ایستگاه داشته است که می توان به سیستم گرمایشی شوفاژ و سرمایشی کولر گازی نسبت داد از طرفی باز بودن درب تراس در هنگام اندازه گیری با ورود و خروج هوا باعث عدم تجمع ذرات در محیط خواهد شد.

لازم به ذکر است که باز بودن درب تراس باعث افزایش ذرات معلق در اندازه ۵ و ۱۰ میکرومتر در محیط هال خواهد شد. زیرا این ذرات ناشی از اگزوز اتومبیل ها و سوختن می باشند.

با توجه به نتایج حاصل از نمونه برداری، فراوانی داده ها، ایستگاه ۳ مانند ایستگاه ۱ بوده است و بیشینه آلودگی در این ایستگاه در محل آشپزخانه و در اندازه ۰/۳ میکرومتر با تعداد (m^3) ۳/۸۱۶/۶۴۸ بوده است و همانطور که در ایستگاه۱ بیان شد این محل بطور دائم فعال

بوده و ذرات معلق را وارد محیط می کند. این در حالی است که کمترین میزان آلودگی در محل اتاق خواب یافت شده است. در این محل ذرات با اندازه ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰ میکرومتر به ترتیب دارای فراوانی ۲/۱۲۰/۴۵۵، ۱۶۹/۸۹۷، ۶۲/۰۷۷، ۱/۱۱۱ و ۸۹۵ در هر مترمکعب (m^3) بوده اند. که علت آن را می توان به پنجره ی موجود در اتاق که رو به حیاط است نسبت داد زیرا در حیاط فضای سبز زیادی وجود دارد.

داده های بد ست آمده در ای ستگاه ۴ دارای اختلاف زیادی ن سبت به سایر ایستگاه ها بوده است. در این ایستگاه آشپزخانه کمترین میزان آلودگی را به خود اخت صاص داده ا ست. زیرا آ شپزخانه روبروی درب ورودی منزل می باشـــد. در این محل، فراوانی ذرات با اندازه های ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰ به ترتیب ۴/۵۲۳/۷۸۰، ۳۵۴/۸۸۹، ۷۰/۵۹۳، ۲/۱۲۷ و۱/۳۴۷ در هر مترمکعب (m^3) بوده است. و بیشترین میزان آلودگی به اتاق خواب کودک اختصاص داشته است. در این محل نیز ذرات با اندازه ۰/۳ با تعداد (m^3) ۸/۶۸۹/۱۶۹ بیشـــینه و ذرات با اندازه ۱۰ میکرومتر با تعداد (m^3) ۶۵۷ کمینه فراوانی را به خود اختصـــاص داده اند. میزان آلودگی بالا در این محل را می توان به عدم تهویه در این ایستگاه نسبت داد چرا که منزل مورد مطالعه بدون تهو یه و هواکش بوده و هوا جر یان ندارد. بنابراین ذرات معلق در محیط این ایستگاه تجمع یافته و باعث افزایش آلودگی خواهد بود.

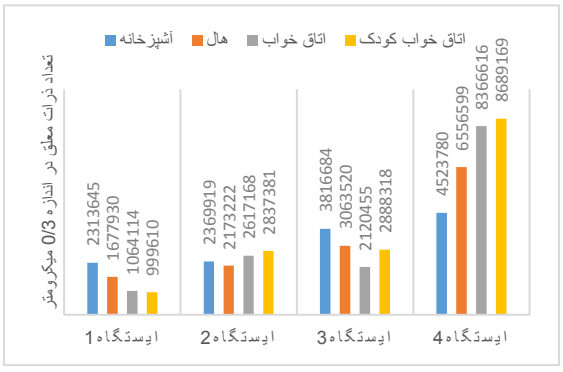
با توجه به داده های حاصل از اندازه گیری در چهار ایستگاه در شکل های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و مقایسه ی داده ها با یکدیگر بیان می شود که ایستگاه ۱ پاک تر از سایر ایستگاه است و تعداد آلاینده های کمتری را نسبت به سایر ایستگاه ها به خود اختصاص داده است. ایستگاه ۲ با وجود سیستم گرمایشی شوفاژ و سیستم سرمایشی کولر گازی ذرات معلق بیشتری را نسبت به ایستگاه ۱ به خود اختصاص داده است که ناشی از این است که مساحت ساختمان کمتر بوده و وسایل مورد استفاده در منزل نزدیک به هم قرار گرفته اند. محیط آشپزخانه بدون تهویه بوده است. از طرفی دیوار هال تا ارتفاعی از نما استفاده شده است. در اتاق خواب وجود انباری باعث آلودگی محیط شده است. همچنین در اتاق خواب کودک، پنجره رو به آشپزخانه بوده و باعث وجود ذرات معلق در محیط اتاق خواهد شد. لازم به ذکر است که پنجره ها در این ایستگاه دو جداره بوده و عدم ورود و خروج هوا باعث تجمع ذرات معلق در محیط داخلی خواهد شد.

آشپزخانه ایستگاه ۳ به دلیل سرویس ناهار خوری، کابینت های زیاد و بدون تهویه ذرات معلق بیشتری نسبت به ایستگاه ۱و۲ را به خود اختصاص داده است. در هال نیز وجود مبلمان، کفپوش ها، سیستم گرمایشی و سرمایشی و مصنوعات چوبی مورد استفاده ذرات معلق را وارد محیط خواهد کرد. ایستگاه ۳ در محل های اتاق خواب و اتاق کودک به دلیل وجود پنجره رو به خیابان خلوت نسبت به ایستگاه ۲ ذرات معلق کمتری را دارد.

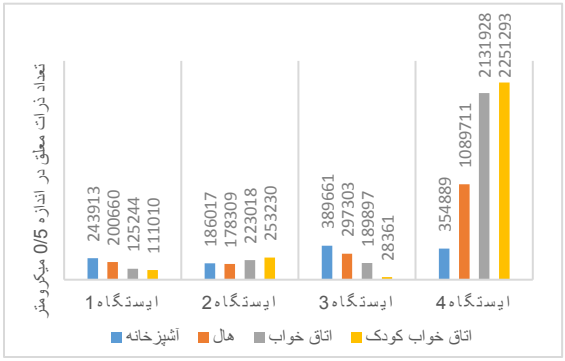
ایستگاه ۴ که دارای یک محیط بسته و بدون هواکش و تهویه است در تمام محل های نمونه برداری ذرات معلق زیادی را به خود اختصاص داده است.

شکل های ۲ الی ۶ نشان می دهند که، غلظت ذرات با اندازه ۵ و ۱۰ میکرومتر در آشپزخانه هر ۴ ایستگاه بیشتر از سایر نقاط نمونه برداری است. با توجه به این موضوع می توان بیان کرد که این ذرات ناشی از احتراق، سوختن و اجاق گاز است. همچنین تعداد این ذرات در ایستگاه ۲ کمترین غلظت را دارد، زیرا ایستگاه ۲ مجهز به سیستم گرمایشی شوفاژ بوده است.

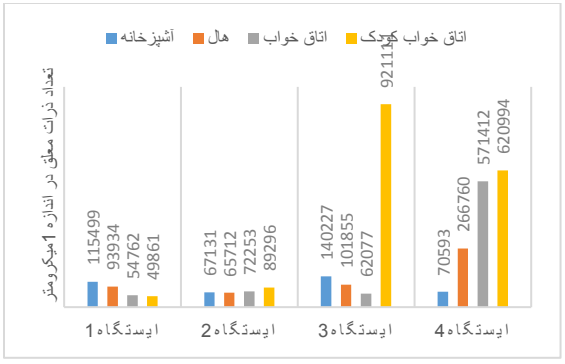
با توجه به نمودارها غلظت ذرات با اندازه ۵ و ۱۰ میکرومتر در آشپزخانه هر ۴ ایستگاه بیشتر از سایر نقاط نمونه برداری است،که با توجه به این موضوع می توان بیان کرد که این ذرات ناشی از احتراق، سوختن و اجاق گاز است. همچنین تعداد این ذرات در ایستگاه ۲ کمترین غلظت را دارد، زیرا ایستگاه ۲ مجهز به سیستم گرمایشی شوفاژ بوده است.



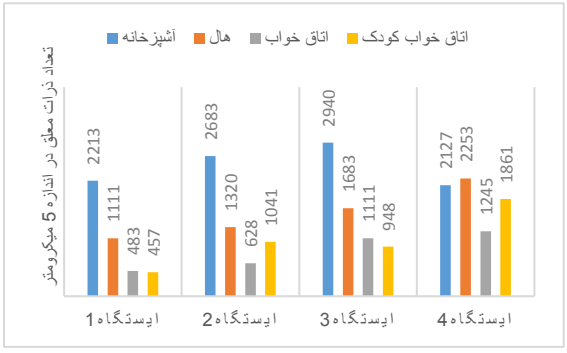
شکل۲- تعداد ذرات معلق در اندازه ۰/۳ میکرومتر



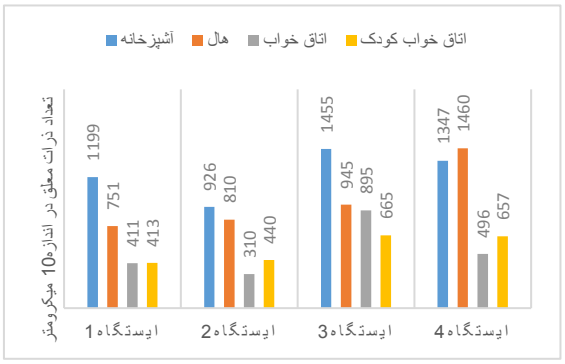
شکل۳- تعداد ذرات معلق در اندازه ۰/۵ میکرومتر



شکل۴- تعداد ذرات معلق در اندازه ۱ میکرومتر



شکل۵- تعداد ذرات معلق در اندازه ۵ میکرومتر



شکل۶- تعداد ذرات معلق در اندازه ۱۰میکرومتر

۱-۳-آشپزخانه

بر اساس نمودارهای رسم شده در اندازه ذرات مختلف، می توان بیان کرد که، ایستگاه ۱(منزل تک واحدی) از تعداد ذرات معلق کمتری نسبت به سایر ایستگاه ها برخوردار است.

لازم به ذکر است که در زمان اندازه گیری در هر چهار ایستگاه آشپزخانه فعال بوده است و در هیچکدام از منازل تهویه استفاده نشده است. ایستگاه۱ (منزل تک واحدی) به دلیل وجود یک نورگیر در آشپزخانه که یک تهویه طبیعی است، با وجود خاموش بودن هود ذرات معلق کمتری را به خود اختصاص داده است. ایستگاه ۲ با این مزیت که مجهز به سیستم گرمایشی شوفاژ و سرمایشی کولر گازی است باید ذرات معلق کمتری در محیط آن یافت شود ولی به دلیل باز بودن درب تراس که در خیابان اصلی قرار دارد میزان ذرات معلق بیشتر شده است. ایستگاه ۳ فاقد تهویه طبیعی بوده است و وجود کابینت های زیاد باعث وجود ذرات معلق بیشتر نسبت به ایستگاه ۱و ۲ شده است. از طرفی ایستگاه ۴ (آپارتمان) یک محیط بسته و بدون هواکش است. بنابراین ذرات معلق در محیط داخلی تجمع یافته و باعث آلودگی محیط خواهد شد.

غلظت ذرات در اندازه های ۱، ۵ و ۱۰ میکرومتر در ایستگاه ۳ بیشتر از سایر ایستگاه ها بوده است. علت این موضوع را می توان به تعداد افراد ساکن در محل ایستگاه ها نسبت داد. زیرا در روز اندازه گیری ایستگاه ۳(تک واحدی)، تعداد افراد ساکن بیشتر از سایر ایستگاه ها در زمان نمونه برداری بوده است.

۲-۳-هال

طبق نمودارها می توان بیان کرد که ایستگاه ۱، در ذرات با اندازه ۰/۳، ۵ و۱۰ میکرومتر پاک تر از ایستگاه ۲(آپارتمان) می باشد با وجود اینکه انتظار میرفت ایستگاه ۲(آپارتمان) تمیز تر باشد. در ایستگاه ۲(آپارتمان) مساحت هال کمتر است و مبلمان در یک مکان کوچک نسبت به ایستگاه ۱(تک واحدی) تجمع داشته اند از طرفی در ایستگاه ۲(آپارتمان) درب تراس باز است و چون رو به خیابان اصلی است و یک مکان پرتردد است، ذرات معلق ۵ و ۱۰ میکرومتر بیشتری را وارد محل کرده است. همانطور که قبل گفتیم، در ایستگاه ۲(آپارتمان) دیوار های هال تا یک ارتفاعی دارای نما سنگ می باشد که قطعاً آلاینده هایی را وارد محیط می کند.

ایستگاه ۳ (تک واحدی) که دارای ذراتی نزدیک به ایستگاه های ۱و۲ می باشد ولی در اندازه ۱ میکرومتر نسبت به این دو ایستگاه، ذرات افزایش یافته اند که به دلیل بزرگ بودن هال از دو بخاری گازی استفاده شده است بنابراین ذرات معلق بیشتری را وارد محیط خواهد کرد. ایستگاه ۴ (آپارتمان) به دلیل اینکه محل بدون هواکش است و محیط بسته است میزان آلودگی در تمام محل های نمونه برداری بیشتر از سایر ایستگاه هاست.

۳-۳-اتاق خواب

بر اساس نمودارها می توان بیان کرد که ایستگاه ۱(تک واحدی) به دلیل نداشتن سیستم گرمایشی، پاک تر از سایر ایستگاه ها می باشد. در ایستگاه ۲ (آپارتمان) سیستم گرمایشی شوفاژ است و تهویه ای در اتاق وجود ندارد خاطر نشان می شود که در این محل انباری وجود دارد بنابراین باعث ایجاد آلودگی خواهد شد. ایستگاه ۳(تک واحدی) دارای کمد دیواری، سرویس خواب می باشد، سیستم گرمایشی خاموش بوده و وجود یک پنجره ی بزرگ در اتاق که رو به حیاط که دارای فضای سبز زیادی است در عمل، حکم یک تهویه را دارد باعث پاک تر شدن اتاق نسبت به ایستگاه ۲ (آپارتمان) می شود. در ایستگاه ۴ (آپارتمان) اتاق بدون سیستم گرمایشی است ولی چون در مجاورت سرویس بهداشتی و درون یک راهروی بسته قرار دارد و هیچگونه پنجره ای در آن نیست بیشینه آلودگی را در این محل نیز به خود اختصاص داده است. پنجره ای در آن نیست بیشینه آلودگی را در این محل نیز به خود اختصاص داده است.

٤-۳-اتاق خواب کودک

بر اساس نمودارها، ایستگاه ۱ (تک واحدی) به دلیل وجود یک پنجره ی بزرگ رو به حیاط از تعداد ذرات معلق کمتری نسبت به سایر ایستگاه ها برخوردار بوده است.. در ایستگاه ۲(آپارتمان) به دلیل وجود یک پنجره رو به آشپزخانه میزان آلودگی زیادی به خود اختصاص داده است. در ایستگاه ۳ (تک واحدی) اتاق کودک دارای یک پنجره است که بطور دائم باز است بنابراین میزان آلودگی در حد ایستگاه ۲(آپارتمان) را داراست. همانطور که قبل هم بیان شد ایستگاه ۴ به دلیل عدم هواکش و بسته بودن میزان ذرات معلق بیشتری نسبت به سایر ایستگاه ها را دارد. لازم به ذکر است که در اتاق خواب کودک وجود عروسک و اسباب بازی ذرات معلق را در اندازه های مختلف وارد محیط خواهند کرد.

باید توجه داشت که میزان آلودگی محیط داخلی صرفاً به دلیل سیستم گرمایشی و تهویه نیست بلکه عوامل دیگری به عنوان منابع آلودگی به حساب می آیند، از جمله سرامیک کفپوش خانه، وجود سرویس بهداشتی در داخل منزل، دریچه ی کولر، اسپری ها، مبلمان، مصالح ساختمانی، مواد شست و شو و ضدعفونی کننده و... .

بطور کلی می توان بیان کرد تعداد ذرات با اندازه های ۰/۳، ۰/۵، ۱ میکرومتر در محیط داخلی بیشتر می باشند این ذرات به" ذرات ریز" معروف هستند. کیفیت هوای داخلی مستقیماً تحت تأثیر غلظت ذرات ریز قرار می گیرد. منابع داخلی اصلی این ذرات مصرف دخانیات، پخت و پز، احتراق سوخت برای گرمایش و فعالیت های انسانی است و بطور عمده از تبدیل گاز به ذره به وجود می آیند. گفتنی است که به دلیل تبادل هوا بین محیط داخل و خارج از ساختمان، ترکیبات شیمیایی ذرات ریز در محیط های داخلی با ترکیبات و منابع آن در محیط خارجی نظیر انتشارات، وسایل نقلیه، احتراق زغال سنگ و برخی فعالیت های صنعتی نیز در ارتباط است.

در اندازه گیری ذرات معلق در محیط داخلی ذرات با اندازه ۵ و ۱۰ میکرومتر بزرگترین ذرات هستند و طی مطالعاتی که در ایستگاه ها صورت گرفت همانطور که قبل بیان شد ذرات با اندازه ۲۵ میکرومتر در هیچکدام از ایستگاه ها ثبت نگردید.

ترکیبات شیمیایی، اندازه و طول عمر ذرات معلق در میزان اثرات آن ها نقش بسزایی دارد. ذرات ریز با داشتن طول عمر بیشتر (از چند روز تا هفته) در مقایسه با ذرات درشت (چند ساعت) و نیز به دلیل ریزتر بودن، اثرات مخرب تری بر سلامت انسان دارند. این ذرات، که متاسفانه تعداد نسبی بالاتری دارند، دارای حداقل نشست در مجاری بالایی و حبابچه بوده و به محض رسیدن به اعماق ریه با راندمان

بارانی		آفتابی	
دما	26.2°	دما	25.7°
رطوبت	52.7%	رطوبت	45.6%
اندازه ذرات	تعداد ذرات	اندازه ذرات	تعداد ذرات
0.3	1/817/361	**0.3**	4/523/780
0.5	248/041	**0.5**	354/889
1	79/395	**1**	70/593
5	1/319	**5**	2/127
10	3/084	**10**	1/347

جدول۴- تاثیر دما و رطوبت بر غلظت آلاینده ها- ایستگاه ۴، محل نمونه برداری آشپزخانه.

بالایی در آنجا نشست کرده و به راحتی از دیواره غشاء ریه عبور خواهند کرد. مطالعات بهداشتی، ارتباط معناداری بین قرار گرفتن در معرض ذرات ریز و مرگ زودرس ناشی از بیماری های قلبی و ریوی نشان داده اند.

۵-۳-بررسی تاثیر رطوبت بر ذرات معلق

با مقایسه اندازه گیری ذرات معلق در شرایط، رطوبتی متفاوت و دمایی تقریباً ثابت اثر رطوبت بر غلظت ذرات معلق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به محل نمونه برداری با ماکزیمم غلظت ذرات معلق (آشپزخانه) را به عنوان نمونه می آوریم. مقایسه بر اساس داده های این محل انجام گرفته است.

بارانی		آفتابی	
دما	24°	دما	25.42 °
رطوبت	45.8%	رطوبت	37.66%
اندازه ذرات	تعداد ذرات	اندازه ذرات	تعداد ذرات
0.3	3/816/684	**0.3**	1/984/042
0.5	389/661	**0.5**	172/363
1	140/227	**1**	72/949
5	2/940	**5**	1/678
10	1455	**10**	511

جدول۲- اثر رطوبت بر تعداد آلاینده ها- ایستگاه ۳، محل نمونه برداری آشپزخانه

طبق اطلاعات بدست آمده از اندازه گیری ها بیان می شود که با افزایش رطوبت میزان غلظت ذرات معلق در محیط داخلی افزایش می یابد. بنابراین بین رطوبت و غلظت ذرات معلق یک رابطه ی مستقیم وجود دارد.

داده های مربوط به ایستگاه ۴ (که در جدول ۳ آورده شده) و مشخصات این ایستگاه، (که یک محیط بسته و بدون تهویه بود)، نشان می دهد که رابطه ی بیان شده بین رطوبت و تعداد ذرات وجود ندارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که، در محیط با آلودگی زیاد، رطوبت بر میزان پخش شدگی ذرات معلق تاثیری نخواهد داشت.

٦-۳-تاثیر پارامتر های هواشناسی در آلودگی هوا

در مطالعات پخش آلودگی هوا، مطالعه پارامترهای هواشناسی در لایه مرزی جو امری ضروری است. این لایه در واقع تحت تاثیر سطح زمین است و عمده انتقال بین جو و زمین از طریق اختلاط تلاطمی در این لایه صورت می پذیرد. عمق این لایه بسته به میزان سرعت باد، شرایط محیطی، میزان رطوبت و ... متفاوت است (جوانبخت امیری و خاتمی.۱۳۹۱).

در این بخش داده های هواشناسی مانند میانگین سرعت باد، رطوبت نسبی، دما و... مربوط به ایستگاه های سینوپتیک هواشناسی شهر کرمانشاه که این ایستگاه دارای طول ۳۴/۳۵۲۲۲ و عرض ۴۷/۱۵۳۳ می باشد، بر اساس ثبت روزانه، در روزهای اندازه گیری ذرات معلق در محیط داخلی، دریافت شده است. طبق جداول بخش ۳-۵ و جدول۴ و مقایسه ی این داده ها با یکدیگر بیان می شود که رطوبت نسبی و دما محیط خارجی مجاور بر غلظت ذرات معلق محیط داخلی تاثیر می گذارد. اما عواملی چون میانگین سرعت باد بر غلظت ذرات معلق در محیط داخلی تاثیر آنچنانی ندارد.

ایستگاه	میانگین سرعت باد (Knot)	میانگین رطوبت نسبی(٪)	میانگین دما(C°)
ایستگاه ۲(آفتابی)	2.125	64.375	3.9
ایستگاه ۲(بارانی)	1.25	85.125	7.7
ایستگاه٤ (آفتابی)	1.66667	80.7143	6.2
ایستگاه ٤(بارانی)	3.25	79.5	9

جدول ۴- داده هواشناسی سینوپتیکی روزانه

۷-۳-دلایل آلودگی ساختمان

بنابراین می توان بیان کرد که دلایل اصلی آلودگی ساختمان به شرح زیر است:

۱- تهویه نامناسب: این عامل باعث افزایش سطح ذرات معلق در هوای داخلی می شود، چون ورود هوا از محیط خارج ساختمان باعث رقیق شدن انتشارات از منابع داخلی شده پس در صورت نامناسب بودن تهویه، مانند منزلی که دارای پنجره ی دوجداره بود ذرات معلق از محیط داخل به محیط بیرون منتقل نمی شود و مرتباً در داخل ساختمان تجمع پیدا می کنند. به طورکلی ورود و خروج هوای بیرون در یک منزل از طریق فرایندهایی مانند: نفوذ هوا، تهویه طبیعی و یا سیستم های مکانیکی تهویه صورت می گیرد. نفوذ هوا بدین معنی است که هوا از طریق درز و یا شکافی موجود در دیوار، کف و یا حتی از میان در ها و پنجره ها وارد می شود. در تهویه طبیعی، هوا از طریق باز بودن پنجره ها و یا درها، به علت اختلاف دمای میان هوای درون و بیرون جا به جا می شود. با توجه به داده های حاصل از اندازه گیری، ایستگاه ۱(منزل تک واحدی) به دلیل وجود پنجره های زیاد و بزرگ که یک تهویه طبیعی می باشند، باعث ورود و خروج هوا می شود بنابراین ذرات معلق تجمع نمی یابند و محیط از آلودگی کمتری برخوردار است. از طرفی در ایستگاه ۲ (آپارتمان) پنجره ها دوجداره می باشد و نفوذ هوا به صورت دو طرفه وجود نخواهد داشت. بنابراین شاهد افزایش ذرات معلق در این محیط خواهیم بود. همچنین در ایستگاه ۴ (منزل تک واحدی) منزل بدون تهویه می باشد و محیط بسته است بنابراین تجمع ذرات در این ایستگاه بسیار زیاد است.

۲- سطح بالای رطوبت و دما: این دو عامل افزایش غلظت یکسری از ذرات معلق را در پی دارد. نتایج حاصل از مقایسه ی ایستگاه ها که در شرایط وضع هوای متفاوت صورت گرفت تاثیر رطوبت و دما بر غلظت ذرات معلق محیط را بیان می کند. شایان بذکر است که این ادعا همیشه برقرار نیست و در مورد محل هایی قابل قبول است که سطح غلظت ذرات معلق بالا نباشد.

۳- وجود منابع آلاینده در نقاط مختلف منازل: مهم ترین منابع تولید آلودگی عبارت است از: منابع احتراقی از قبیل اجاق های خوراک پزی، بخاری و شومینه که از سوخت هایی مانند گاز، نفت، چوب، زغال سنگ استفاده می کنند، مصرف دخانیات، مصالح و کالاهای ساختمانی، پنبه نسوز که برای عایق کاری، کابینت و مبلمان هایی که از چوب های فشرده شده خاص ساخته شده، محصولاتی که برای تمیز کردن و تعمیرات خانه ها استفاده می شود (غلظت بالای برخی از این مواد تا مدت ها ممکن است در محیط باقی بماند)، سیستم های سرمایشی و دستگاه های رطوبتی، و حتی برخی از ذرات معلق که از محیط بیرون ساختمان وارد می شود مانند آفت کش ها(لقمانی و همکاران، ۲۰۱۵). در ایستگاه ۱(تک واحدی)، ایستگاه۳(تک واحدی) و ایستگاه ۴(آپارتمان) سیستم گرمایشی بخاری گازی بوده است و قطعاً در مقابل ایستگاه ۲(آپارتمان) که مجهز به سیستم گرمایشی شوفاژ است ذرات معلق بیشتری را وارد محیط داخلی می کنند. ولی باید توجه داشت که وجود عوامل دیگر از جمله: کفپوش خانه، مواد شوینده، مبلمان و ... بر میزان غلظت ذرات معلق تاثیر داشته است. با توجه به این موضوع و مراجعه به شکل های مربوط به تعداد ذرات در محیط داخلی منازل می توان بیان کرد که، ایستگاه ۲(آپارتمان) با وجود سیستم گرمایشی شوفاژ آلاینده ی بیشتری نسبت به ایستگاه ۱ (تک واحدی) به خود اختصاص می دهد.

٤-نتیجه گیری:

طبق نمونه برداری در محل های متفاوت سیستم گرمایشی شوفاژ نسبت به بخاری ذرات معلق کمتری را وارد محیط می کند.

تعداد افراد ساکن در منزل، در غلظت ذرات معلق تاثیر مثبتی داشته است این تاثیر در تمام اندازه ها نبوده بلکه در اندازه ۱و ۵ میکرومتر بوده است.

وجود پنجره در محیط مانند یک تهویه عمل می کند زیرا پنجره قطعا دارای درز و شکاف است. در محل های که از پنجره ی دو جداره استفاده می کنند این امر صادق نیست زیرا بین محیط داخلی و خارجی تبادل هوا صورت نمی گیرد یا خیلی کم است. بنابراین هوا در محیط داخلی تجمع یافته و باعث افزایش آلودگی در محیط داخلی خواهد شد. (ایستگاه ۲ (آپارتمان) پنجره دوجداره است با وجود سیستم گرمایشی شوفاژ نسبت به ایستگاه ۱(تک واحدی) آلوده تر است.)

زمانی که رطوبت در یک محیط بسته افزایش یابد غلظت ذرات معلق نیز افزایش می یابد این در حالتی صادق است که محیط میزان آلودگی بالایی نداشته باشد چرا که اگر میزان آلودگی محیط بالا باشد رطوبت تاثیری در پخش شدگی ذرات نخواهد داشت.

منابع

– اره جانی ،مریم و همکاران، آلودگی هوا در محیط های بسته و راهکارهای کاهش آن، همایش ملی جریان و آلودگی هوا دانشگاه تهران، آبان۱۳۹۱ /ص۱–۲.

– جوان بخت امیری، ستاره، خاتمی، سید هادی، بهار۹۱، بررسی ارتباط بین پارامترهای هواشناسی در تهران با رویکرد آنالیز رگرسیون سال۱۳۸۴، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره۲۰.

– صحرایی،جلیل، آلودگی هوا(کلیات آلاینده های هوا و هواشناسی آلودگی هوا)، کرمانشاه ،دانشگاه رازی ،۱۳۹۰، صص۱–۱۵–۱۶–۱۷–۳۳.

– عتابی ، فریده و همکاران، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، بررسی میزان برخی آلاینده های داخل منازل روستایی شهرستان عجبشیر استان آذربایجان شرقی، فصل نامه پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، شماره سوم و چهارم .

– کهراری، پریسا، ۱۳۹۶، مطالعه ی ذرات معلق در هوای محیط های سرپوشیده و خارج از آن، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، رازی کرمانشاه ، کرمانشاه.

– لقمانی ،فرید و همکاران، مروری بر انواع آلاینده های هوای درون ساختمان و اثرات آنها بر سلامت ساکنان، May ۲۰۱۵، دانشگاه تهران ،ص ۵–۶ .

– منصور، غیاث الدین و همکاران، ۱۳۸۵زمستان، بررسی کیفیت هوای داخل منازل مسکونی منطقه ی ۱و۵ تهران، محیط شناسی،سال سی و دو،شماره۴۰، ص۱–۸ .

- Ezezue AM and Diogu JO . Jul 31, 2017 . Investigation of Indoor Air Quality of Residential Buildings in Enugu, Nigeria . Department of Architecture, Nnamdi Azikiwe University, Awka, Nigeria

-https://neotecir.com/15-08-06-30-05-1392

-https://www.golighthouse.com/en/airborne-particle-counters/handheld

- Lazaridis M . et al. measurements overview and physical properties –URBAN-AEROSOL Project . indoor air . 2006 Aug;16(4) : 282-95

-Shun Cheng Lee . et al. Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong – case study . Atmospheric Environment 36(2002) 225-237