

بررسی توزیع زمانی و مکانی ذرات معلق در هوای شهر کرمانشاه

با استفاده از سیستم اندازه‌گیری پوششی ذرات معلق

دکتر جلیل صحرایی^۱، فاطمه قیسوندی^{۲*}

^۱عضو هیات علمی گروه فیزیک دانشگاه رازی، کرمانشاه

^{۲*}دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد رشته فیزیک، گرایش اتمسفر، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده:

اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق موجود در جو به دلیل داشتن تاثیرات سو بر سلامتی انسان، همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. در این پژوهش ضمن معرفی سیستم اندازه‌گیری پوششی ذرات معلق که برای اولین بار توسط گروه فیزیک دانشگاه رازی کرمانشاه راه اندازی گردیده، به بررسی تعداد ذرات معلق موجود در محیط‌های متفاوت برحسب اندازه پرداخته شده است. با استفاده از این سیستم برای تعداد ذرات معلق موجود در محدوده‌ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر در محیط‌های داخلی و خارجی با ترافیک‌های متفاوت، در ساعات مختلف شبانه روز و در شرایط بارش و بدون بارش اندازه‌گیری به عمل آمده است. محیط پرترافیک دارای بیشترین تعداد ذرات معلق در تمام محدوده‌ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر و به طور متوسط تعداد ۱۴۹۸۳۰۴ ذره در هر متر مکعب و در یک روز همراه با بارش تعداد ۴۷۴ ذره در هر مترکعب اندازه‌گیری شده است. در محیط‌های داخلی و خارجی (دارای ترافیک کم) نیز به ترتیب تعداد ۳۴۷۱ و ۲۰۴۰۹ ذره در هر متر مکعب شمارش شده است. همچنین آلودگی ناشی از دود خروجی از آگزوز اتومبیل‌ها نیز در محدوده‌ی ذرات فراریز با اندازه‌ی ۱۰ الی ۳۰ نانومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است.

کلمات کلیدی:

"ذرات معلق"، "سیستم پوششی ذرات معلق"، "اندازه ذرات"، "تعداد ذرات"

Spatial- Temporal Distribution Analysis of Particulate Matter in Air of Kermanshah City Using SMPS

¹Physics department, Science college, Razi university, Kermanshah, Iran

^{2*}Physics department, Science college, Razi university, Kermanshah, Iran

Abstract:

The measurement and investigation of suspended particles in the atmosphere of indoor/outdoor environments are of great importance due to their destructive effects on human health. In this research, the number and size of suspended particles in different environments have been investigated. Note that the scanning system used to measure the size and distribution of suspended particles has been introduced for the first time by the Department of Physics, Razi University of Kermanshah. The suspended particles in the range of 10-650 nm are measured in indoor/outdoor environments under different circumstances such as traffic and precipitation. According to the results, the highest number of particles were measured in outdoor environment during high traffic period, i.e. 1,498,304 particles per cubic meter. During the precipitation days, the number of suspended particles was reduced significantly to 474 particles measured per cubic meter, which indicates the importance of clean weather condition. In the indoor and outdoor environments (with low traffic), 3,471 and 20,409 particles per cubic meter are counted, respectively. Moreover, the pollution of the exhaust gases released from transportation facilities has been measured in the range of particles of 10-30 nm and is discussed in details.

Keywords:

"Particles", "Scanning Mobility Particle Sizer", "particles size", "Number of particles"

کمک این سیستم به شناسایی اندازه ذرات فلورید سدیم با اندازه های مختلف ۴۰ نانومتر تا ۱ میکرومتر پرداخته شده است و SMPS را به عنوان یک نامزد بالقوه برای نظارت بر محیط کار در صنایع تولید انتخاب نموده اند و بر اساس مواد مبتنی بر نانو ذرات مورد ارزیابی واقع شده است. همچنین در یک تحقیق برای اولین بار تصاویر طیفی از ذرات تبخیر شده ی پلاسما ثبت شده است (Quant et al. 1992).

در این پژوهش به منظور شناخت بهتر اندازه ذرات در یک محیط داخلی (آزمایشگاه فیزیک اتمسفر) ۷ روز متوالی و هر روز به مدت ۳ ساعت (از ساعت ۹ الی ۱۲) توسط سیستم SMPS به بررسی توزیع ذرات معلق پرداخته شده است. همچنین در محیط خارجی و با ترافیک کم در ۳ روز و هرروز به مدت ۳ ساعت (از ساعت ۹ الی ۱۲)، در ۳ شب به مدت ۳ ساعت (از ساعت ۱۹ الی ۲۲)، در یک محیط خارجی و دارای ترافیک زیاد به مدت ۳ ساعت (از ساعت ۹ الی ۱۲) و همچنین در یک روز همراه با بارش که رطوبت تقریباً بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته بود اندازه گیری ها صورت پذیرفته است. در نهایت با پی بردن به غلظت ذرات معلق در اندازه های متفاوت مشخص می گردد که حضور مداوم در چه محیط هایی می تواند سلامتی انسان را بیشتر تحت تاثیر قرار دهد. همچنین مشخص شده است که آلودگی ناشی از فعالیت هایی انسان ذرات معلق را با چه اندازه هایی می تواند وارد هوا کند.

امروزه آلودگی هوا مهم ترین معضل زیست محیطی به شمار می رود که بنابر تحقیقات انجام شده، این آلودگی در چند دهه اخیر بیشتر ناشی از فعالیت های انسانی است. این مشکل در سال های اخیر به علت انتشار ترکیبات شیمیایی زیان بار بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و در جو افزایش قابل توجهی داشته است که به مراتب تأثیرات مخرب تری بر سلامتی انسان می گذارد. با توجه به گسترش شهرها و افزایش منابع آلاینده های جوی، هوای اغلب شهرهای بزرگ و صنعتی آلوده می باشد و برای سلامت افراد ساکن در این مناطق خطرناک است. بنابراین شناخت و آگاهی نسبت به جوانب مختلف آلاینده ها از اهمیت بسزایی برخوردار است و امکان جلوگیری یا کاهش خطرات ناشی از آن را میسر می سازد. آلاینده های هوا شامل گازها و ذرات معلق می باشد. در این پژوهش به بررسی آلودگی ناشی از ذرات معلق پرداخته شده است و با تقسیم بندی ذرات معلق در دو مد ریز (ذرات کوچک تر از ۱۰۰ نانومتر) و مد درشت (ذرات بین ۱۰۰ الی ۶۵۰ نانومتر) توزیع اندازه ی آن ها اندازه گیری شده است. این اندازه گیری ها توسط سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق صورت پذیرفته است. از آنجا که توصیف ذرات فراریز کار بسیار دشواری است، اهمیت و کاربرد این سیستم به خوبی نمایان می گردد. به عنوان مثال به کمک این سیستم پویشی با نام Scanning mobility particle sizer که به اختصار SMPS نامیده می شود، موفق به کشف غلظت ذرات فراریز موجود در دود سیگار شده اند. از دیگر کاربردهای این سیستم می توان به مرجع بودن آن جهت پی بردن به راستی آزمایی داده های جمع آوری شده توسط سیستم های دیگر اندازه گیری ذرات معلق اشاره کرد. در واقع به کمک SMPS می توان به درستی کارکرد سیستم هایی نظیر شمارنده ی آئروپنومی ذرات^۱ (Sioutas, 1999)، شمارشگر چگالی ذرات معلق^۲ CPC، شمارنده ی سریع تحرکی ذرات معلق^۳ FMPS (Jeong, and Evans 2009) و دستگاه شمارنده ی دیفرانسیلی ذرات معلق (Rader, 1986) اشاره کرد. در کاربرد دیگری از این سیستم، تکامل چگالی ذرات معلق ارگانیک و چگالی عکس عمل اکسیداسیون محاسبه گردیده است. به طوریکه ذرات تولید شده توسط فرآیند ارگانیک دارای چگالی $0.1/0.3 \text{ gr/cm}^3 \pm 1/24$ و توسط عکس عمل اکسیداسیون $0.1/0.3 \text{ gr/cm}^3 \pm 1/35$ بوده است. (Malloy, and Nakao 2009) علاوه بر این به

¹ Aerodynamic Particle Sizer

² Condensation Particle Counter

³ Fast Mobility Particle Sizer

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در شکل ۱ منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



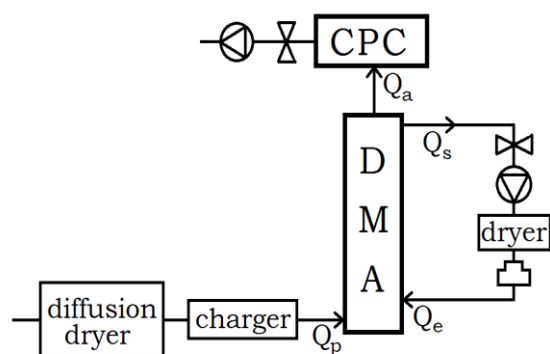
شکل ۱- نقشه ی محیط های خارجی کم ترافیک و پرترافیک

ناحیه ی ۱ در حاشیه ی شهر (در مجاورت با دانشگاه علوم پزشکی و دانشگاه رازی) با ترافیک کم و ناحیه ی ۲ در یک خیابان با ترافیک زیاد (در سه راه مسکن) واقع شده است. جهت اندازه گیری ذرات معلق در محیط های مذکور از سیستم اندازه گیری پویشی ذرات معلق SMPS که بر اصل تحرک یک ذره باردار در یک میدان الکتریکی عمل می کند، استفاده شده است. این سیستم قادر است اندازه و غلظت عددی ذرات معلق را از اندازه ی ۱ نانومتر الی ۱۰۰ میکرومتر شمارش کند (Wiedensohler et al. 2018).

۲-۲- معرفی سیستم پویشی اندازه گیری ذرات معلق

سیستمی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته قابلیت شمارش ذرات معلق جوی را در محدوده ی ۱۰ نانومتر الی ۰/۶۵ میکرومتر دارد. مدت زمان بسیار زیادی است که این دستگاه برای توصیف ویژگی های نانو ذرات در تحقیقات نانو توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته است. طیف سنج SMPS به طور غالب به عنوان یک روش استاندارد برای اندازه گیری توزیع

ذرات معلق شهری بوده و عموماً برای اندازه گیری نانو ذرات و ذرات موجود در مایعات نیز استفاده می شود. در این سیستم غلظت عددی به طور مستقیم و بدون در نظر گرفتن فرضیه خاصی محاسبه می شود و اطلاعات حاصل آن از دقت و صحت بسیار بالایی برخوردار است که محققان علوم جوی نیز از داده های با کیفیت این سیستم اطمینان کافی حاصل نموده اند (Knutson, and Whitby 1975). مدل های مختلف SMPS دارای قابلیت های متفاوت از یکدیگر هستند که بنا به پژوهش مورد نظر می توان از مدل مناسب با آن پژوهش استفاده نمود (Robert et al. 1998). از ویژگی ها و فواید این سیستم می توان به دقت و سرعت بسیار بالا، راه اندازی و استفاده ی آسان و همینطور کنترل خودکار جریان ها در آن اشاره کرد. سیستم اندازه گیری ذرات معلق جوی SMPS متشکل از اجزای مختلفی بوده که وجود آن ها جهت راه اندازی این سیستم لازم می باشد. شکل ۲ طرحواره ای از این سیستم به همراه اجزای اصلی آن را نشان می دهد.



شکل ۲- طرحواره ای از سیستم پویشی اندازه گیری ذرات معلق اس ام پی اس

این اجزا عبارتند از: ۱. ورودی سیستم و اتصالات، ۲. دستگاه اندازه گیری تحرک پذیری دیفرانسیلی (DMA)، ۳. دستگاه شمارنده ی ذرات معلق (CPC)، ۴. منبع ولتاژ قوی، ۵. پمپ، ۶. نرم افزار لب ویو، ۷. شارژر.

۲-۳- بررسی اجزای سیستم SMPS

وجود هر یک از اجزا، با وظیفه و عملکرد منحصر به فرد خود جهت راه اندازی سیستم SMPS ضروری می باشد که در ادامه به تشریح هریک از آن ها خواهیم پرداخت.

هسته‌های ناهمگن گفته می‌شود (Jordan, and Williams 1994).

۲-۳-۴- منبع ولتاژ قوی

واژه ولتاژ بالا^۵ یا فشارقوی به مدارهای الکتریکی اطلاق می‌شود که به خاطر میزان ولتاژ بالای موجود در آنها نیازمند تدبیرات ایمنی ویژه یا عایق‌بندی مناسب می‌باشند. مدارهای ولتاژ بالا در انتقال انرژی الکتریکی، لامپ اشعه کاتد و اشعه ایکس به کار می‌روند. ولتاژ بالا به معنی ولتاژی بیش از ۱۰۰۰ ولت است. بدین معنی که ولتاژهای بیش از ۱۰۰۰ ولت را ولتاژ بالا و زیر ۱۰۰۰ ولت را ولتاژ پایین می‌نامند. در سیستم اندازه‌گیری SMPS نیز از یک منبع ولتاژ بالا استفاده می‌شود. مقدار ولتاژ مورد نیاز جهت شمارش ذرات به شکل خودکار توسط دستگاه DMA مشخص گردیده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین نیازی به کنترل و یا تنظیم آن به شکل دستی که بسیار خطرناک می‌باشد نیست. این ولتاژ پس از اعمال روی میله‌ی مرکزی DMA ذرات معلق با اندازه‌های مشخصی را باردار و جذب کرده و عملیات شمارش روی آنها صورت می‌پذیرد (Dikson 1976).

۲-۳-۵- پمپ

پمپ از دیگر اجزای ضروری در تشکیل سیستم اندازه‌گیری ذرات معلق SMPS است. این پمپ که وظیفه‌ی مکش هوا و ذرات معلق موجود در محیط را بر عهده دارد دارای یک شیر بوده که می‌توان به کمک آن میزان هوای ورودی را کنترل نمود.

۲-۳-۶- نرم افزار لب ویو

یکی دیگر از قسمت‌های مهم و بسیار کاربردی در سیستم SMPS وجود یک لپ‌تاپ و یا کامپیوتر مجهز به نرم‌افزار لب ویو است. در واقع تمامی داده‌ها پس از جمع‌آوری و شمارش توسط این نرم‌افزار قابلیت نمایش و ذخیره شدن پیدا می‌کنند. نرم‌افزار LabView که به معنای یک میز کار مهندسی ابزارهای مجازی آزمایشگاهی می‌باشد، یک زبان برنامه نویسی گرافیکی بدون نیاز به کد نویسی و پیش نیاز به دانش برنامه نویسی قبلی که به صورت گسترده‌ای برای کاربردهای مختلفی در صنایع، تحصیلات، آموزش و تحقیقات آزمایشگاهی به‌عنوان یک مدل استاندارد برای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و همچنین وسیله‌ای جهت کنترل و شبیه‌سازی ابزارهای مجازی درآمده است (Nag et al. 2016). این برنامه یک نرم‌افزار قدرتمند و قابل انعطاف جهت تجزیه و تحلیل سیستم‌های اندازه‌گیری است. عملکرد نرم‌افزار LabView کاملاً از طبیعت ترتیبی و زنجیره‌ای موجود

۲-۳-۱- ورودی سیستم و اتصالات

این جز که در ابتدای سیستم قرار می‌گیرد وظیفه‌ی ورود و مکش هوا را به کمک پمپ موجود در سیستم به عهده دارد. در واقع ذرات معلق موجود در جو ابتدا با عبور از این قسمت به سیستم اندازه‌گیری وارد می‌شوند. ورودی سیستم و اتصالات می‌بایست از جنس فلز باشند. استفاده از ورودی و اتصالات پلاستیکی مناسب نیست زیرا پلاستیک خود می‌تواند به تولید ذرات معلق منجر شده و در تعداد واقعی ذرات معلق موجود در محیط مورد نظر تاثیر بگذارد.

۲-۳-۲- دستگاه اندازه‌گیری تحرک پذیری دیفرانسیلی (DMA)

دستگاه تجزیه و تحلیل تحرک پذیری دیفرانسیلی^۴ غلظت و توزیع اندازه ذرات را در محدوده قطر ۲ نانومتر الی ۱ میکرومتر نمایش می‌دهد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل تحرک پذیری دیفرانسیلی انجام می‌شود (Wies et al. 2019). همچنین این دستگاه بر اساس قواعد فیزیکی پایه‌گذاری شده و میزان توانایی یک ذره در عبور از یک میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در این دستگاه هنگامی که اولین اندازه‌گیری انجام می‌شود کالیبره کردن آن ضروری است اما در دفعات بعدی بدون کالیبره کردن دستگاه نیز نتایج درستی حاصل می‌شود. در یک DMA ابتدا یک میدان الکتریکی ایجاد شده و ذرات موجود در هوای شهری مطابق با میزان تحرک الکتریکی که دارا هستند، در آن میدان حرکت می‌کنند. سپس توزیع اندازه ذرات از طریق میزان آن تحرک برآورد می‌شود (Trueblood et al. 2018).

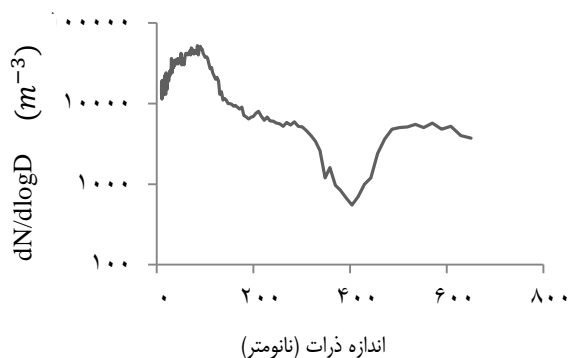
۲-۳-۳- دستگاه شمارشگر چگالشی ذرات معلق (CPC)

دستگاه شمارنده‌ی چگالشی ذرات معلق، آشکارسازی و شمارش ذرات معلق را در محدوده خاصی انجام می‌دهد. اساس کار به این صورت است که ذرات در این دستگاه در حالت اولیه در قطری بین ۱۰ الی ۱۲ میکرومتر با استفاده از میعان رشد می‌کنند، بنابراین به سادگی آشکارسازی می‌شوند (Johnson et al. 2018). سپس این قطرات از طریق یک نازل از پرتو لیزری عبور کرده و شمارش می‌شوند. در بخار فوق اشباع، ذرات معلق به عنوان هسته برای چگالش بخار عمل می‌کنند و ممکن است رشد کنند و به شکل قطرات دربیایند که به این فرآیند، فرآیند

⁵high voltage

⁴ Differential Mobility Analyzer

ای است که ذرات در مد ریز دارای بیشترین تعداد هستند. (Hinds, 1999) همچنین با بزرگ تر شدن ذرات معلق و با ورود به مد درشت می بایست تعداد آن ها به دلیل تاثیر بیشتر نیروی جاذبه روی این ذرات روند کاهشی داشته باشد که در شکل ۳ نیز تعداد این ذرات ضمن عبور از مد درشت و افزایش اندازه رو به کاهش می باشد. شکل ۴ توزیع ذرات معلق در یک محیط خارجی با ترافیک کم را نشان می دهد.



شکل ۴- نمودار توزیع ذرات معلق بر حسب اندازه در محیط خارجی (با ترافیک کم)

چون این محیط تحت تاثیر عواملی نظیر تردد اتومبیل ها، رفت و آمدهای بیشتر، فعالیت های ساختمانی، نواحی غیر آسفالت اطراف جاده و شرایط دیگر بوده در مجموع تعداد ذرات معلق موجود در آن در تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر نسبت به محیط داخلی دارای تعداد بیشتری است. اما این افزایش علاوه بر محدوده ی ۱۰۰ نانومتر، در محدوده ی ۱۰ الی ۳۰ نانومتر و همینطور ۵۰۰ الی ۶۵۰ نانومتر بیشتر به چشم می خورد. دود خروجی از اگزوز اتومبیل ها می تواند دلیل افزایش ذرات معلق در محدوده ی ۱۰ الی ۳۰ نانومتر باشد. همچنین تردد اتومبیل ها و عوامل مذکور منجر به ورود بیشتر ذرات درشت تر (۵۰۰ الی ۶۵۰ نانومتر) به محیط شده است. به طور متوسط تعداد ذرات معلق در محیط خارجی با تردد کم که اندازه گیری ها در آن صورت گرفته است تقریباً ۸/۴ برابر تعداد این ذرات در محیط داخلی می باشد. در شکل ۵ توزیع اندازه ی ذرات معلق در شب توسط سیستم SMPS نشان داده شده است.

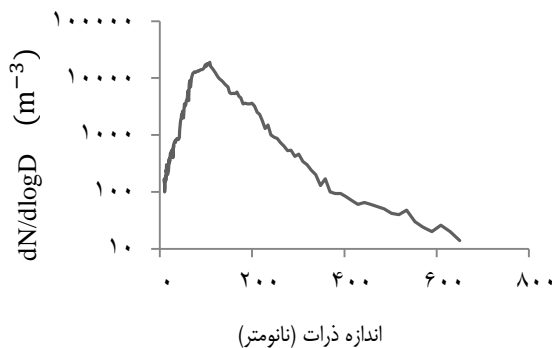
زبان های برنامه نویسی متنی متداول و مرسوم مجزاست و یک محیط گرافیکی را برای کاربر فراهم ساخته است (Borghes et al. 2018).

۲-۳-۷ شارژر

وظیفه ی این جزء از سیستم خنثی کردن ذرات در صورت باردار بودن در هنگام ورود به سیستم است. این امکان وجود دارد که ذرات معلق به طور طبیعی دارای بار الکتریکی باشند. مخصوصاً در نزدیکی چشمه های تولید این ذرات که تعداد ذرات باردار بسیار زیاد بوده و استفاده از شارژر امری ضروری خواهد بود (Adachi et al. 1985). اما در محیط های دور از چشمه ها که ذرات مدتی در آنجا حضور داشته، بار الکتریکی خود را از دست می دهند و خنثی می شوند، می توان از حضور آن صرف نظر کرد. اگر ذرات در بدو ورود به سیستم باردار باشند اندازه گیری ها با خطا همراه خواهد بود (Tritscher et al. 2015). شارژر پس از خنثی کردن ذرات باردار به آن ها اجازه ی ورود به DMA را می دهد.

۳- نتایج

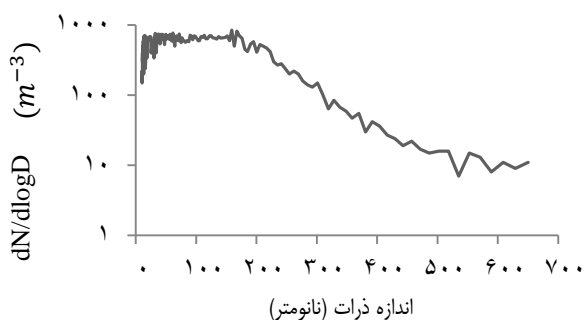
شکل ۳ توزیع تعداد ذرات معلق بر حسب اندازه را در یک محیط داخلی نشان می دهند.



شکل ۳- نمودار توزیع ذرات معلق بر حسب اندازه در محیط داخلی

با قرار دادن ذرات کوچک تر از ۱۰۰ نانومتر در مد ریز و ذرات بزرگ تر از ۱۰۰ نانومتر در مد درشت (صحرایی، ۱۳۹۰) برای یک محیط بسته، ذرات در محدوده ی تقریباً ۱۰۰ نانومتر دارای بیشترین فراوانی بوده اند. بنابراین توزیع تعداد ذرات معلق به گونه

است. تعداد ذرات معلق در این حالت به طور متوسط ۴۳/۳ برابر تعداد این ذرات در یک محیط خارجی با ترافیک کم اندازه گیری شده است. شکل ۷ نیز توزیع غلظت ذرات معلق را برحسب اندازه در یک روز بارانی نشان می دهد.

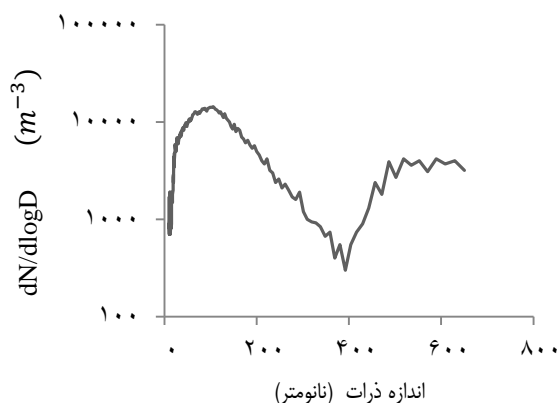


شکل ۷- نمودار توزیع اندازه ذرات معلق در یک روز همراه با بارش

در واقع در این حالت اثر رطوبت بر ذرات معلق بررسی شده است. تعداد ذرات معلق در مد ریز تقریباً ثابت و ۵۶۰ ذره در هر مترمکعب شمارش شده است. نکته ی قابل توجه کاهش ذرات در مد درشت به ویژه برای ذرات بزرگ تر از ۴۰۰ نانومتر بوده که تعداد این ذرات در حدود ۱۰ ذره در هر متر مکعب برای هر اندازه می باشد و نشان می دهد که بارش بیشترین تاثیر را در کاهش ذرات بزرگ تر دارد. همچنین ثابت ماندن تقریبی ذرات در محدوده ی ۳۰ الی ۱۷۰ نانومتری می تواند به دلیل آب دوست بودن ذرات فراریز (کمتر از ۳۰ نانومتر) باشد. این ذرات که در جذب رطوبت موفق تر از ذرات معلق درشت عمل می کنند، ضمن جذب این رطوبت بزرگ تر شده و می توانند دلیل ثابت ماندن تعداد ذرات معلق در محدوده ی ۳۰ الی ۱۷۰ نانومتر باشند. جدول ۱ تفاوت تعداد ذرات معلق در شرایط مختلفی که اندازه گیر ها در آن صورت گرفته نشان می دهد.

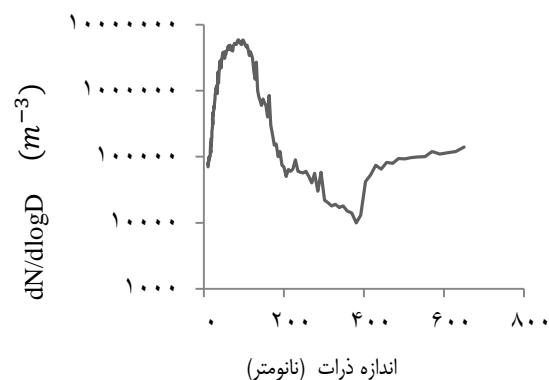
جدول ۱- تفاوت تعداد ذرات معلق در هر مترمکعب در محیط های متفاوت

نوع محیط	۱ داخلی	۲ خارجی (کم ترافیک)	۳ خارجی (پرترافیک)	۴ شب	۵ بارانی
تعداد ذرات	۳۴۷۱	۲۰۴۰۹	۱۴۹۸۳۰۴	۶۲۴۸	۴۷۴



شکل ۵- نمودار توزیع اندازه ذرات معلق در شب

از مقایسه ی شکل ۴ و ۵ مشخص است که روند تغییرات تعداد در اندازه ی ذرات معلق در شب و روز تقریباً مشابه بوده اما به دلیل بیشتر بودن حجم فعالیت های انسانی در روز تعداد این ذرات در روز از شب بیشتر است. تعداد ذرات معلق در روز به طور متوسط تقریباً ۶ برابر تعداد این ذرات در شب اندازه گیری شده است. شکل ۶ نیز توزیع اندازه ی ذرات معلق در یک محیط خارجی با ترافیک زیاد را نشان می دهد.

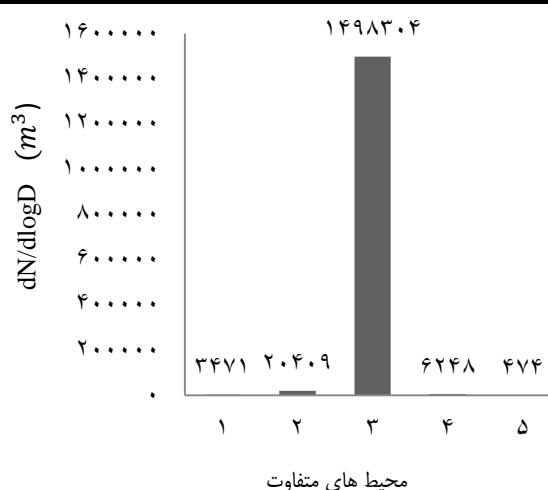


شکل ۶- نمودار توزیع اندازه ذرات معلق در محیط خارجی با ترافیک زیاد

همانطور که مشاهده می گردد، تعداد ذرات معلق در تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر دارای افزایش بسیار چشم گیری نسبت به محیط های دیگر می باشد. در واقع در محیط پرترافیک ذرات در هر اندازه ای به ویژه در مد فراریز و کوچک تر از ۳۰ نانومتر که ناشی از دود خروجی از اگزوز اتومبیل ها می باشد، شمارش شده

محدوده ی ۵۰۰ الی ۶۵۰ نانومتر نیز افزایش یافته است. در واقع با حضور در یک محیط خارجی البته با ترافیک کم غلظت بیشتری از ذرات معلق در تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر تنفس شده و وارد دستگاه تنفسی می شوند. بنابراین قرار گرفتن در محیط های خارجی و با ترافیک کم نسبت به یک محیط داخلی سلامت انسان را بیشتر تحت مخاطره قرار می دهد. برای محیط خارجی (با ترافیک کم) که اندازه گیری ها در آن صورت گرفته تعداد ذرات معلق خروجی از آگزوز اتومبیل ها یک روش جهت پی بردن به توانایی سیستم SMPS نیز می باشد. در یک تحقیق (Johnson et al. 2004) از ۳ سیستم شامل SMPS، CPC و EEPS^۶ برای بررسی غلظت دود خروجی از اتومبیل ها بهره برده اند که در نهایتا نتایج حاصل از ۳ سیستم از همخوانی و دقت بالایی برخوردار بودند اند و مشخص گردید سیستم SMPS یک سیستم کارآمد جهت بررسی توزیع اندازه ی ذرات معلق ناشی از دود خروجی از آگزوز اتومبیل ها می باشد. این سیستم همچنین دارای کاربرد گسترده و اهمیت بالا در بررسی ذرات ناشی از احتراق برخی آلیاژها می باشد و قادر است غلظت ذرات آلاینده ی ناشی از این واکنش ها را مشخص کند (Gulijk et al. 2004). حتی در مطالعه ای دیگر (Stirn et al. 2019) به بررسی توابع توزیع ذرات ناشی از شعله ی اتیلن توسط ۳ سیستم دیگر که یکی از آن ها SMPS بود پرداخته شده است. در نهایت مشخص شد که سیستم PIMS^۷ برای شمارش ذرات کوچک تر از ۶ نانومتر و LII^۸ و SMPS به ترتیب برای شمارش ذرات با قطر ۳ نانومتر و ۲ نانومتر مناسب تر هستند.

تعداد ذرات معلق موجود در یک محیط خارجی و در شب نسبت به تعداد ذرات معلق موجود در همان محیط اما در روز کمتر می باشد. کمتر شدن تردد اتومبیل ها در شب، رفت و آمدها، کاهش فعالیت های تاثیر گذار در شرایط محیط مانند متوقف شدن ساخت و سازهای ساختمانی، تعمیرات خیابانی و... می توانند از عوامل توجیهی برای کاهش در تعداد این ذرات در شب باشند. در محیطی که اندازه گیری ها در شب صورت گرفته تعداد ۶۲۴۸ ذره در هر مترمکعب برآورد شده است. به دلیل وجود منابع تولید آلودگی مشترک در شبانه روز برای محیط با ترافیک کم، روند تغییرات تعداد ذرات معلق چه در مد ریز و چه در مد درشت برای



شکل ۸. مقایسه تعداد ذرات معلق در محیط های متفاوت

همانطور که از مقایسه ی مقدار متوسط تعداد ذرات معلق در محیط های مختلف مشاهده می شود، بیشترین تعداد با مقدار ۱۴۹۸۳۰۴ ذره در هر مترمکعب مربوط به محیط خارجی پرتراфик و کمترین تعداد با مقدار ۴۷۴ ذره در هر مترمکعب مربوط به محیط بارانی است (شماره ی هر ستون در شکل ۸ با شماره های موجود در جدول ۱ مطابقت داده شود).

۴- نتیجه گیری

تعداد ذرات معلق در مد ریز و خصوصا برای ذرات فراریز در یک محیط داخلی کمتر از تعداد ذرات معلق در مد درشت برای همین مد می باشد. علاوه بر این تعداد ذرات معلق در محیط داخلی و در تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر از تعداد ذرات معلق در محیط خارجی و در همین محدوده کمتر است. با وجود تعداد کم ذرات فراریز در محیط داخلی نسبت به محیط خارجی، این ذرات همچنان در محیط داخلی وجود داشته و بنابراین نیاز به تهویه و همینطور درزگیری های مناسب جهت جلوگیری از ورود این ذرات به محیط های داخلی امری لازم و ضروری به نظر می رسد. به طور متوسط در محیط داخلی که اندازه گیری ها در آن انجام پذیرفته تعداد ۳۴۷۱ ذره در هر مترمکعب برای ذرات با اندازه ای بین ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر اندازه گیری شده است. در یک محیط خارجی با ترافیک کم، به دلیل وجود عوامل تاثیر گذار در تعداد ذرات معلق، تعداد این ذرات نسبت به یک محیط داخلی بیشتر می باشد. افزایش در تعداد ذرات معلق در یک محیط خارجی به ویژه برای ذرات فراریز (۱۰ الی ۳۰ نانومتر) بیشتر بوده و علت آن را می توان ذرات با منابع ثانویه دانست. این ذرات از طریق واکنش ها شیمیایی و یا دود ناشی از اتومبیل ها وارد محیط می شوند. همچنین در این محیط تعداد ذرات معلق در مد درشت و در

⁶ Engine Exhaust Particle Sizer

⁷ Photoionization Mass Spectrometry

⁸ Laser- Induced Incandescence

ذرات معلق بر حسب اندازه و میزان نفوذ در قسمت های مختلف بدن انسان به ۶ سطح تقسیم می شوند که در این بین ذرات معلق در محدوده ی ۰/۵ الی ۱ میکرومتر با قرار گیری در سطح ۶ که در قسمت تحتانی دستگاه تنفسی قرار دارد، به راحتی خود را به مجرای تنفسی، نایژک و کیسه های هوا می رسانند. از آن جایی که در این تحقیق ذرات در محدوده ی ۱۰ نانومتر الی ۶۵۰ نانومتر مورد بررسی قرار گرفته اند که از محدوده ی ذرات در سطح ۶ نیز کوچک تر هستند، می توان به وضوح به اثرات آن ها بر سلامتی و نفوذشان تا عمق دستگاه تنفسی پی برد.

اندازه گیری های انجام شده تقریباً مشابه بوده و تفاوت چشم گیری مشاهده نمی شود. در محیطی که رطوبت در آن مقدار قابل توجهی دارد و با بارش باران همراه است، تعداد ذرات معلق اندازه گیری شده در هر دو مد کاهش چشم گیری دارد. بارش باران به ویژه در تعداد ذرات معلق برای مد درشت تاثیر بیشتری را داراست. در محیطی که در روز بارانی اندازه گیری ها در آن انجام شده تعداد ۴۷۴ ذره در هر مترمکعب در تمام محدوده ی ۱۰ الی ۶۵۰ نانومتر اندازه گیری شده است.

- صحرائی، ج.، ۱۳۹۰. آلودگی هوا، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه.
-
- Adachi, M., Okuyama K., Kousaka. 1983. Electrical Neutralization of Charged Aerosol Particles by Bipolar Ions, *Journal of Chemical Engineering, Japan*, 16(3), P. 229-235.
 - Borghes Roberto, Chenda Alessandra, Kourousias Georgios . 2018. Evolving a LabVIEW End-Station Software to a TANGO-Based Solution at the TwinMic Elettra Beamline. Conference C17-10-08 p. TUPHA 208, p. 5.
 - Dikson John F. 1976. on-chip high voltage generation in MNOS integrated circuits using an improved voltage multiplier technique. *IEEE Journal of solid-State circuits*, 11(3), P. 374-385.
 - Guljik C. Van, J. C. M. Marij, Nissen M Makkee, Moulijn J A, Schmit-ott A. 2004. Measuring diesel soot with a scanning obility particle sizer and an electrical low-pressure impactor: performance assessment with a model for fractal-like agglomerates, *Journal of Aerosol Science*, 35(3), P. 633-655.
 - Hinds William C. 1999. *Aerosol Technology Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. 482p.
 - Jeong Cheol-Heon, Evans Greg J. 2009. Inter-Comparison of a Fast Mobility Particle Sizer and a Scanning Mobility Particle Sizer Incorporating an Ultrafine Water-Based Condensation Particle Counter. *Aerosol Science and Technology*, 43(4), P. 364-373.
 - Johnson Tim, Galdow Robert, Pocher Arndt, Mirme Aadu, Kittelson Bavid B. 2004. A New Electrical Mobility Particle Sizer Spectrometer for Engine Exhaust Particle Measurements. TSI Incorporated Event: SAE, P. 9.
 - Johnson Tyler J., Irwin Martin, Symonds Jonathan P. R., Olfert Jasons, Boies Adam M. 2018. Measuring Aerosol Size distributions with the Aerodynamic Aerosol classifier. *Aerosol Science and Technology*, 52(6), P. 665-667.
 - Jordan Thomas J., Williams Peter C. 1994. The design and performance characteristics of a multiyear collimator. *Physics and Biology*, 39(2), P. 231.
 - Knutson E. O., Whitby K. T. 1975. *Aerosol Classification by Electric Mobility: Apparatus, Theory and Applications*. *Journal of Aerosol Science* 6, P. 443-448.
 - Malloy, Shunsuke Nakao, 2009. Real-Time Aerosol Density Determination Utilizing a Modified Scanning Mobility Particle Sizer-Aerosol Particle Mass Analyzer System. *Aerosol Science and Technology*, 43(7), 673-678.
 - Nag S., Asachan, Castro M., Choudhary V., Feller J. F. 2016. Spray layer-by-layer Assembly of POSS Functionalized CNT Quantum Chemo-Rsistive Sensors with Tunable Selectivity and ppm Resolution to VOC Biomarkers. *Sensors and Actuators B:Chemical* 222, P. 362-369.
 - Quant F. R., Caldwell R. C., Sem G. J., Addison T. J. 1992. Performance of Condensation Particle Counter, *Journal of Aerosol Science*, 23(SI), P. 405-408.

- Rader D. J. 1986. Application of the Tandem Differential Mobility Analyzer to Studies of Droplet Growth or Evaporation. *Journal of Aerosol Science*, 17(5), P. 771-780.
- Robert F., Mathys P., Schauwers J. P. 1998. Ohmic losses calculation in SMPS transformers, numerical study of Dowell's approach accuracy. *IEEE Transactions on Magnetics*, 34(4), P. 1255-1259.
- Sioutas Costas. 1999. Evaluation of the Measurement Performance of the Scanning Mobility Particle Sizer and Aerodynamic Particle Sizer. *Aerosol science and Technology*, 30(1), P. 84-92.
- Stirn R, Baquet T. Gonzalez, Kanjarkar S. 2009. Comparison of particle size measurements with laser-induced incandescence, mass spectroscopy and scanning mobility particle sizing in a laminar premixed ethylene/ air flame. *Journal of Combustion Science & Technology*, 181(2), P. 329-349.
- Tritscher Torsten, Koched Amine, Han Hee-Siew, Filimundi Eric, Johnson Tim, Sherrie. 2015. Multi-Instrument Manager Tool for Data Acquisition and merging of Optical and Electrical Mobility Size Distributions. *Journal of Physics*, 617(1).
- Trueblood Max B., Lobo Prem, Hagen Donald E., Achterberg Steven C., Liu Wenyan, Whitefield Philip D. 2018. Application of a hygroscopicity tandem differential mobility analyzer for characterizing PM emissions in exhaust plumes from an aircraft engine burning conventional and alternative fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(23), P. 17029-17045.
- Wiedensohler A., Wiesner A., Weinhold K., Birmili W., Hermann M., Merkel M., Muller T. 2018. Mobility Particle Size Spectrometers: Calibration Procedures and Measurement Uncertainties. *Aerosol Science and Technology*, 52(2), P. 146-164.
- Weiss Victor U., Karin Wieland, Schwaighofer Andreas, Lendl Bernhard , Allmaier Günter. 2019. Native nano electrospray differential mobility analyzer (NES GEMMA) enables size-selection of liposomal nan carriers combined with subsequent direct spectroscopic analysis. *Journal of Chemistry Institute of Chemical Technologies and Analytics*, A-1060.