مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هشت، آبان ماه ۱۴۰۰(۱۵۵-۱۶۷)

ارزیابی ذرات معلق محیطی PM_{10} و $PM_{2.5}$ با روش شاخص کیفیت هوا

(مطالعه موردی: مجتمع صنعتی سیمان تهران)

رضا کریمی قوزلو[۱]
آیدا احمدی[۲*]
ahmadyaida@yahoo.com
مجید عباسپور[۳]
نصرت اله عباس زاده[۴]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۲۵**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اهمیت صنایع سیمان در رشد اقتصادی کشور و تاثیر آن بر میزان انتشار آلاینده های هوا (ذرات معلق)، در این پژوهش اثرات کارخانه سیمان تهران در محیط اطراف آن مورد بررسی قرار گرفته و هدف اصلی از آن ارزیابی آلاینده ذرات معلق محیطی با شاخص کیفیت هوا در مجتمع صنعتی سیمان تهران می باشد.

روش بررسی: در این پژوهش اندازه گیری ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$، طی یک دوره یک ساله (۱۳۹۵) در چهار فصل مختلف اندازه گیری شد. برای اندازه گیری ذرات معلق موجود در هوای محیط از دستگاه غبار سنج MET ONE GT ۵۳۱ ساخت شرکت TSI استفاده می شود که قابلیت اندازه گیری ذرات با PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_{7}, PM_{1} را داراست. دستگاه بعدی غبارسنج پارتیکل کانتر ۸۵۳۰ TSI Dust Trak II از نوع غبارسنجی رومیزی بوده که دارای قابلیت ثبت داده ها را دارد، استفاده شد. این نمونه برداری ها در ۶ ایستگاه اندازه گیری در مجتمع صنعتی سیمان تهران انجام یافت و در نهایت نتایج به صورت AQI فصلی مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش AQI که یکی از پرکاربردترین روش های ارزیابی وضعیت کیفیت هوا می باشد، ابتدا شاخص آلودگی در یک ایستگاه اندازه گیری و سپس در همه ایستگاه ها بعنوان بالاترین شاخص کیفیت آلودگی تعیین می شود.

یافته ها و نتایج: اولین یافته ای که از پژوهش حاضر بدست آمد این بود که آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل بهار مربوط به تصفیه خانه بوده که جزو طبقه بندی پاک قرار دارد. در ادامه آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل تابستان مربوط به جاده عوارضی (طبقه بندی سالم)، آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل پاییز مربوط به محوطه ورزشگاه (طبقه بندی ناسالم برای گروه های

۱- کارشناسی ارشد مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت محیط زیست، تهران، ایران.
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه مدیریت محیط زیست HSE، تهران، ایران.
*(مسوول مکاتبات)
۳- استاد دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مکانیک، تهران، ایران.
۴- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه اقتصاد انرژی، تهران، ایران.

حساس)، آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل زمستان مربوط به منازل مسکونی (طبقه بندی سالم) قرار دارد. بنابراین آلاینده ترین ایستگاه طی یک سال یا ۴ فصل متفاوت مربوط به $PM_{2.5}$ فصل پاییز می باشد.

بحث و نتیجه گیری: بنابراین وضعیت کیفیت هوا با میانگین غلظت mg/m^3 ۱۰۶.۲ در صنعت سیمان تهران در طبقه بندی ناسالم برای گروه های حساس قرار گرفته که با رنگ نارنجی مشخص می شود. در آخر پیشنهاداتی برای کاهش آلایندگی ذرات معلق در منطقه صنعت ارایه می گردد.

واژه های کلیدی: آلاینده ها، سیمان، ذرات معلق، ارزیابی، شاخص کیفیت هوا.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 8, November, 2021

Assessment of Environmental Pollutant Particles PM_{10} and $PM_{2.5}$ with Air Quality Index Method
(Case Study: Tehran Industrial Cement Complex)

Reza Karimi Ghoozlou[۱]
Aida Ahmadi[۲ *]
ahmadyaida@yahoo.com
Madjid Abbaspour[۳]
Nostatollan Abbaszadeh[۴]

Admission Date:July 10, 2018 Date Received: September 4, 2017

Abstract

Background and Objective: Considering the importance of cement industries in the country's economic growth and its effect on emissions of air pollutants (particulate matter); in this research, the effects of Tehran cement factory on the environmental of the region have been investigated. The main purpose of this study is an assessment of environmental pollutant particles with air quality index in 2016 in Tehran Industrial Cement Complex.

Material and Methodology: In this study, the particulate matter PM_{10} and $PM_{2.5}$, was measured during a one-year period (2016), in four different seasons. To measure dust particles in the ambient air of the device is used gauge 531 MET ONE GT TSI Manufacturing Co and it has the ability to measure particles with PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_{7}, and PM_{1}. The next 8530 TSI Dust Trak II counterparty bombing device is a desktop dust-removing device that has the capability to record data. The samples were taken at 6 measuring stations in the Tehran Cement Industrial Complex, and finally, the results were evaluated as a seasonal AQI. In AQI method, which is one of the most widely used methods for assessing the air quality, at first, the pollution index is measured at a station and then determined at all stations as the highest index of contamination quality.

Findings: The first finding from the present study was that the pollutant responsible for the whole spring station was a refinery, which is classified as clean. The other pollutant responsible for the entire summer stations related to the road toll (Healthy classification), Responsible pollutant for the entire autumn season station area (unhealthy classification for sensitive groups), and Responsible pollutant for the whole winter season is related to residential buildings (Healthy Classification). So the most polluting plants or four different seasons of the year is autumn $PM_{2.5}$.

1- Master of Health, Safety and Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Department of Environmental Management, Tehran, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Environmental Management (HSE), Faculty of Natural Recourses and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **(Corresponding Authour)*

۳- Professor of Sharif University of Technology, Faculty of Mechanics, Tehran, Iran.

۴- Assistant Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Department of Energy Economics, Tehran, Iran.

Discussion and Conclusions: So the state of air quality with an average concentration of 106.2 mg/m^3 in the Tehran cement industry classified as unhealthy for sensitive groups and were characterized by the orange color. Finally, suggestions are made to reduce particulate emissions in the industrial area.

Keywords: Pollutants, Cement, Particulate matter, Air Quality Index Assessment.

مقدمه

دخل و تصرف انسان در محیط زیست به وسیله مواد یا انرژی ها باعث به خطر افتادن سلامت بشر، آسیب منابع و سیستم های اکولولوژی و ایجاد تداخل در استفاده قانون مند از محیط زیست می شود (۱). نگرانی ها در مورد اثرات آلاینده های هوا بر سلامتی انسان ها هم در کشورهای توسعه یافته و هم در حال توسعه وجود دارد. امروزه آلودگی هوا یکی از مشکلات شهرهای بزرگ و صنعتی جهان و ساکنان آنهاست (۲). مواجهه با آلودگی هوا، میزان ریسک[۱] مرگ و میر یا بیماری را در سراسر جهان افزایش می دهد (۳). اثرات سوء بهداشتی آلاینده ها و هزینه های اقتصادی، اجتماعی و روانی که از این طریق بر جامعه تحمیل می شود، قابل تأمل است (۴). تخمین زده شده است که آلودگی هوا حدود ۱/۴ ٪ کل مرگ و میر ها در دنیا را به خود اختصاص داده است (۵). این مشکل به صورت جزیی و دقیق در ایالات متحده آمریکا، انگلیس، فرانسه و بسیاری از کشورهای اروپایی بررسی شده و تلاش های موفقیت آمیزی در زمینه تخمین غلظت ناشی از آلودگی هوا صورت گرفته است (۶). در میان این آلاینده ها ذرات معلق ($PM^{۲}$) اهمیت ویژه ای دارند. ذرات معلق می تواند هم منشأ طبیعی و هم منشأ مصنوعی داشته باشد (۷). این ذرات ریز ترکیبی ناهمگون از ذرات جامد و مایع می باشند که در هوا معلق هستند و از حیث اندازه و ترکیب شیمیایی با هم تفاوت می کنند (۸). اخیراً در مطالعه ای اعلام شده که ذرات معلق ریز ۱۵/۵ ٪ (۱/۷میلیون) از کل علت های مرگ را در چین در سال ۲۰۱۵ شامل می شود (۹). همچنین بر اساس گزارش موسسه بین المللی تحقیقات سرطان[۳] در سازمان بهداشت جهانی، در سال ۲۰۱۳ آلودگی هوا و ذرات معلق به عنوان ترکیبات سرطان زا برای انسان (گروه یک) طبقه بندی شده است (۱۰). ذرات استنشاق شده ممکن است در مجاری تنفسی فوقانی اثر تحریکی داشته و یا در داخل شش ها نفوذ نماید و ایجاد عوارضی در شش ها نماید که منجر به اختلالاتی در اعمال تنفسی گردد. گرد و غبار منتشر شده در جو و محیط اطراف می تواند منجر به کاهش دید افقی و حتی در مواردی دید عمودی شود که در حمل و نقل هوایی، زمینی و دریایی اثرگذار است. از طرفی وجود گرد و غبار و تبدیل آن به یک پدیده اقلیمی دائم می تواند بر روی روحیات مردم اثر گذار باشد (۱۱). اولین عامل درک آلودگی در کارخانجات سیمان، دیدن گردوغبار ایجاد شده در این کارخانجات می باشد (۱۱). یکی از عوامل مهم ایجادکننده آلودگی‌های PM، فرآیند تولید سیمان در کارخانه‌ها است. طبق آمارهای به‌دست آمده، در کشور ما نیز متاسفانه اثرات زیست‌محیطی ناشی از کارخانه‌های سیمان، به موضوعی بحث‌برانگیز و جدی تبدیل شده است. اولین عامل درک آلودگی در کارخانجات سیمان، دیدن گردوغبار ایجاد شده در این کارخانجات می باشد (۱۲). از آن جا که تاکنون مطالعه جامعی در مورد شاخص AQI[۴]، که بخواهد ذرات معلق را در صنعت سیمان تهران تحلیل و بررسی کند، انجام نگرفته یا کمتر انجام یافته است، بنابراین در این پژوهش تحلیل آماری جامعی بر روی داده های شاخص کیفیت هوا در صنعت سیمان تهران ارایه می شود. در پژوهشی به ارزیابی کیفیت هوا در محدوده صنایع سیمان پرداخته شده و ذرات معلق تولید شده توسط واحد تولید سیمان، به عنوان مثال کالیبراسیون، خرد کردن، سنگ زنی، بسته بندی، بارگیری / تخلیه، یکی از آلودگی های خطرناک است که بر محیط اطراف تاثیر می گذارد. همچنین این تحقیق اشاره می کند که افزایش غلظت این آلاینده ها ممکن است سبب خنثی شدن برگ، کاهش توانایی فتوسنتز، کاهش رشد و بهره وری گیاهان شود. کیفیت

1- Risk
۲- Particle Matter
۳- International Agency for Research on Center
۴- Air Quality Index

هوا براساس استاندارد های ملی جدید ارزیابی و نتایج این مطالعه به شکل شاخص کیفیت هوا ارائه شده است (۱۳). همچنین در بررسی مدلسازی انتشار ذرات خروجی از واحد های کارخانه سیمان تهران، با اندازه گیری ذرات معلق در خطوط اصلی ۱ و ۲ و واحد آسیاب سیمان همچنین استفاده از روش GIS مکانی اطلاعات لازم بدست آمد. در نهایت نتیجه گیری ها نشان داد که انتشار ذرات ۲/۵ میکرون بیش از ۱۰ میکرون بوده و پراکنش ها بستگی به وزن ذرات معلق داشته است (۱۴). با توجه به اهمیت صنایع سیمان در رشد اقتصادی کشور و تاثیر آن بر میزان انتشار آلاینده های هوا (ذرات معلق) در این پژوهش اثرات کارخانه سیمان تهران بر پیرامون محیطی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و هدف اصلی از آن ارزیابی آلاینده ذرات معلق محیطی با شاخص کیفیت هوا در سال ۱۳۹۵ در مجتمع صنعتی سیمان تهران می باشد.

روش بررسی

۱- صنعت مورد مطالعه

شرکت سیمان تهران در هفت کیلومتری جنوب تهران نزدیک به کوه های بی بی شهربانو در سال ۱۳۳۳ به ثبت رسید و محصول اولین خط تولیدی آن در سال ۱۳۳۵ با ظرفیت ۳۰ تن در روز به بازار عرضه شده است و اکنون با تولید ۱۲۱۰۰ تن کلینکر در روز به فعالیت خود ادامه می دهد. از بین خطوط تولید سیمان تهران خط های ۴، ۶ و ۸ به صورت فعال مشغول به کار می باشد. در حال حاضر ۱۸۰۰ نفر پرسنل نیروی کار شاغل (بصورت مستقیم) و نزدیک به ۱۰۰۰۰ نفر (بصورت غیر مستقیم)، موفقیت های بیشماری در تولید محصول استراتژیک و زیربنایی سیمان به ویژه در سطح استان تهران به دست آورده و سهم قابل توجهی در تامین سیمان مورد نیاز تهران و طبیعتاً صرفه جویی در سوخت ناشی از جا به جایی سیمان از دیگر نقاط کشور به تهران دارد. یکی از شاخص ترین و مهم ترین آلودگی های صنعت سیمان ذرات معلق موجود در هواست که شهروندان نزدیک به این نوع از صنایع، با چالش بیماری های حاصل از آن روبرو هستند. بنابراین برای ارزیابی وضعیت ذرات معلق در منطقه صنعت سیمان تهران می بایست اندازه گیری های دقیق و کاملی اجرا شود که در ادامه به روش های اندازه گیری ذرات معلق اشاره می گردد.

۲- روش های اندازه گیری آلاینده های هوا

در این پژوهش اندازه گیری ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$، طی یک دوره یک ساله (۱۳۹۵) در چهار فصل مختلف اندازه گیری شد. با توجه به موقعیت های جغرافیایی مختلف ۶ ایستگاه سنجش (شکل ۱) و (جدول ۱) در مجتمع صنعتی سیمان تهران، داده ها تهیه گردید. دلیل انتخاب ایستگاه هایی با موقعیت های مکانی متفاوت، وجود احتمال پراکنش بالای ذرات معلق در آن نقاط است. این نمونه برداری ها در ۶ ایستگاه اندازه گیری (تصفیه خانه، منازل مسکونی، محوطه ورزشگاه، پشت کلینکر واحد ۶، شمال و جنوب کارخانه) در مجتمع صنعتی سیمان تهران انجام و در نهایت نتایج به صورت حداکثر AQI فصلی مورد ارزیابی قرار گرفت. یکی از شاخص هایی که در راستای توصیف کیفیت هوا مورد استفاده قرار می گیرد، شاخص کیفیت هواست (۱۵). به طور کلی شاخص کیفیت هوا (AQI) شاخصی جهت پیش بینی روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا (پاک بودن یا آلوده بودن آن) آگاه می سازد و میزان ارتباط آن با سطوح سلامت را ارایه می کند. به عبارت دیگر میزان تاثیر هوای آلوده بر سلامت انسان را نشان می دهد و درک آن را توسط عموم مردم آسان می سازد (۱۶). برای اندازه گیری ذرات معلق موجود در هوای محیط از دستگاه غبار سنج MET ONE GT ۵۳۱ ساخت شرکت TSI استفاده شد که قابلیت اندازه گیری ذرات با PM_1, $PM_{2.5}$,PM7, PM_{10} را داراست و اندازه گیری را به صورت IR انجام می دهد. در این روش دستگاه Met One در موقعیت مناسب و ترجیحاً کمی بالاتر از سطح زمین (در ارتفاع ۱/۵ متری از زمین) قرار می گیرد، بر اساس استاندارد BS-EN-۱۲۳۴۱، با توجه به موقعیت محل دستگاه تنظیم می گردد. سپس نمونه برداری در مدت زمان مشخص انجام می گیردد و با توجه به قابلیت دستگاه میزان حداقل، متوسط و حداکثر گرد و غبار موجود در هوای محیط در واحد حجم محاسبه و ارائه می شود. این روش با کد A

۲۰۱ مورد تایید EPA می باشد. دستگاه بعدی که در این مطالعه برای سنجش ذرات معلق مورد استفاده قرار می گیرد غبارسنج، پارتیکل ۸۵۳۰ TSI Dust Trak II غبارسنجی رومیزی است که دارای قابلیت ثبت داده ها و پرتو پراکندگی نور می باشد. این غبارسنج، پارتیکل کانتر زمان واقعی خوانش توده آئروسل را نمایش می دهد. این نوع از غبارسنج، پارتیکل کانتر از سیستم غلاف هوا استفاده می کند، که این غبارسنج آئروسل را جهت نگه داری کم و شرایط بهبود یافته در یک اتاق جدا می کند. این دستگاه ساخت کشور آمریکا است که قابلیت سنجش PM_{10}, $PM_{2.5}$ محیطی را دارد و با استاندارد ۱-۱۲۱۰۳ ISO[1] منطبق می باشد.

۳- مطالعه میدانی جهت ارزیابی میزان ذرات معلق در هوا

در این پژوهش ضمن بهره گیری از مطالعات انجام یافته قبلی، نقشه محدوده مورد مطالعه و همچنین به منظور مقایسه داده های حاصل از ایستگاه های اندازه گیری آلاینده هوا و مقادیر ذرات اندازه گیری شده متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۱۳۹۵ جمع آوری گردید. در مرحله اول غلظت آلاینده های ذرات معلق (PM_{10} و $PM_{2.5}$)، توسط دستگاه ها و ایستگاه های سنجش موجود در سطح منطقه صنعت سیمان تهران اندازه گیری شد. داده های خام به دست آمده از سنجش آلاینده ها با فرمول شاخص کیفیت هوا به AQI تبدیل شد. سپس بالاترین مقدار AQI محاسبه شده در هر ایستگاه به عنوان AQI آن ایستگاه معرفی شد. پارامترهای PM مورد استفاده در رابطه، از جدول ۲ که نقاط شکست برای AQI را نشان می دهند، به دست آمد.

یافته ها

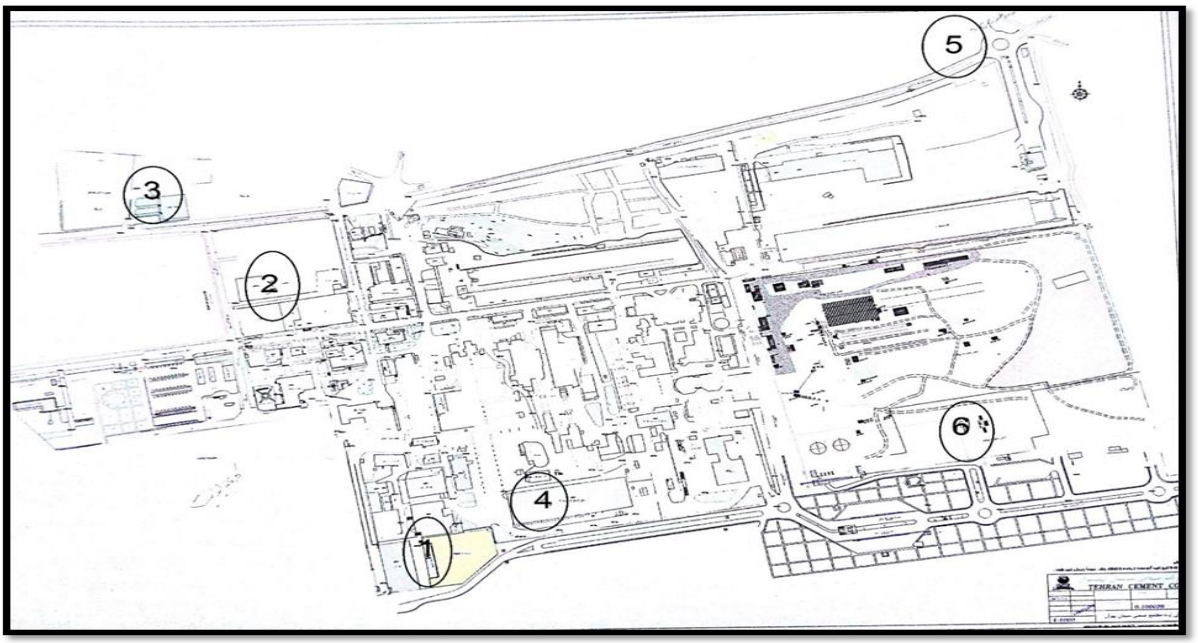
نتایج حاصل از میانگین اندازه گیری های غلظت ذرات معلق، بتفکیک هر فصل در سال ۱۳۹۵در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است. غلظت های اندازه گیری شده به صورت خام بوده که در ۴ فصل مختلف سال ۱۳۹۵ اندازه گیری شده است. در مرحله اول جهت محاسبه شاخص کیفیت هوا با استفاده از معادله شاخص کیفیت هوا، مقدار AQI تمامی غلظت ها را محاسبه کردیم. نتایج محاسبه AQI ذرات معلق در شکل ۲ قرار داده شده است. ذرات معلق مربوط به فصل بهار و تابستان با استفاده از دستگاه TSI Dust Trak اندازه گیری شده است. ذرات معلق مربوط به فصل پاییز و زمستان با استفاده از دستگاه Met One اندازه گیری شده است.

تنوع گونه‌ای شامل دو بخش غنای گونه‌ای و یکنواختی است. به تعداد گونه در واحد سطح معینی از جامعه، غنای گونه‌ای گفته می‌شود که کل گونه‌ها را در برمی‌گیرد، اما به نحوه توزیع کلیه افراد در بین این گونه‌ها یکنواختی گفته می‌شود و از ترکیب این دو مؤلفه، تنوع گونه‌ای که به مفهوم سنجش غنای گونه‌ای توسط یکنواختی است، به دست می‌آید (۲۳،۱۸،۶). برای محاسبه شاخص‌های تنوع‌گونه‌ای و غنای پوشش‌گیاهی از نرم‌افزار PAST v.2.17.b و برای شاخص یکنواختی از نرم-افزارEcological methodology v.6 استفاده شد. برای رسته‌بندی از تحلیل مولفه اصلی (PCA) و همبستگی پیرسون استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولوموگراف-اسمیرنوف و همگنی واریانس آن‌ها با آزمون لون بررسی شد سپس به‌منظور بررسی وجود اختلاف بین شاخص‌های تنوع‌زیستی از آزمون T غیر جفتی استفاده گردید. با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت.

نتایج

در مطالعه حاضر به‌طور کلی ۱۹ گونه علفی شناسایی شد که در زون اکوتوریسم فشار کم ۱۹ گونه و در زون اکوتوریسم با فشار متوسط ۱۳ گونه وجود داشت (جدول ۱). در هر دو زون مورد بررسی، گونه درمنه بیشترین فراوانی را داشت. در زون فشار اکوتوریسم کم گونه‌های ثوم و اسپند کمترین فراوانی را داشتند. همچنین ۷ گونه درختچه‌ای در منطقه شناسایی شد که گونه تنگرس بیشترین فراوانی و گونه‌های افدرا و شیرخشت دارای کمترین فراوانی بودند (جدول ۲).

۱- International Organization for Standardization



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه های اندازه گیری در مجتمع صنعتی سیمان

Figure 1. Location of measuring stations in the cement industrial complex

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های اندازه گیری

Table 1. Geographical location of measuring stations

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (شرقی)			عرض جغرافیایی (شمالی)		
		‘’	‘	°	‘’	‘	°
۱	محوطه تصفیه خانه(پارکینگ سرویس ها)	۵۵/۹	۳۰	۵۱	۲۲/۹	۳۴	۳۵
۲	کنار منازل مسکونی(پشت پارکینگ شماره ۱)	۲۱/۸	۳۰	۵۱	۴۰/۱	۳۴	۳۵
۳	محوطه ورزشگاه	۱۳/۱	۳۰	۵۱	۴۶/۳	۳۴	۳۵
۴	محوطه پشت کلینکر واحد ۶	۳۷/۴	۳۰	۵۱	۲۴/۵	۳۴	۳۵
۵	شمال کارخانه(جاده عوارضی)	۰/۰۷	۳۱	۵۱	۵۸/۱	۳۴	۳۵
۶	جنوب کارخانه(۲۲ هکتاری)	۱۵/۱	۳۰	۵۱	۳۱/۶	۳۴	۳۵

جدول ۲- نقاط شکست آلایندگی در محاسبه شاخص کیفیت هوا (مرکز سلامت محیط و کار، ۱۳۹۵)

Table 2. Pollution failure points in calculating Air Quality Index (Center for Environmental and Occupational Health, 2016)

طبقه بندی کیفیت هوا		پاک	سالم	ناسالم برای گروه های حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک
AQI		۰-۵۰	۵۱-۱۰۰	۱۰۱-۱۵۰	۱۵۱-۲۰۰	۲۰۱-۳۰۰	۳۰۱-۴۰۰ ۴۰۱-۵۰۰
نقاط شکست	$NO_{2(ppm)1hr}$	۰-۰/۰۵۳	۰/۰۵۴-۰/۱	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۰/۶۵-۱/۶۴	۰/۶۵-۱/۶۴ ۱/۶۵-۲/۰۴
	$SO_{2(ppm)24hr}$	۰-۰/۰۳۴	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴ ۰/۸۰۵-۱/۰۰۴
	$CO_{(ppm)8hr}$	۰-۴/۴	۴/۵-۹/۴	۹/۵-۱۲/۴	۹/۵-۱۲/۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۳۰/۵-۴۰/۴ ۴۰/۵-۵۰/۴
	$PM10_{(ug/m^3)24hr}$	۰-۵۴	۵۵-۱۵۴	۱۵۵-۲۴۵	۱۵۵-۲۵۴	۳۵۵-۴۲۴	۴۲۵-۵۰۴ ۵۰۵-۶۰۴
	$PM2.5_{(ug/m^3)24hr}$	۰-۱۵/۴	۱۵/۵-۳۵/۰	۳۵/۱-۶۵/۴	۳۵/۱-۶۵/۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴ ۳۵۰/۵-۵۰۰/۴
	$O_{3(ppm)1hr}$	-	-	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴ ۰/۵۰۴-۰/۶۰۴
	$O_{3(ppm)8hr}$	۰-۰/۰۵۹	۰/۶-۰/۰۷۵	۰/۰۷۶-۰/۰۹۵	۰/۰۷۶-۰/۰۹۵	۰/۱۱۶-۰/۳۷۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴ ۰/۵۰۴-۰/۶۰۴

جدول ۳- مقایسه مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق PM_{10} در صنعت مورد مطالعه

Table 3. Comparison of the mean values of PM_{10} concentrations in the studied industry

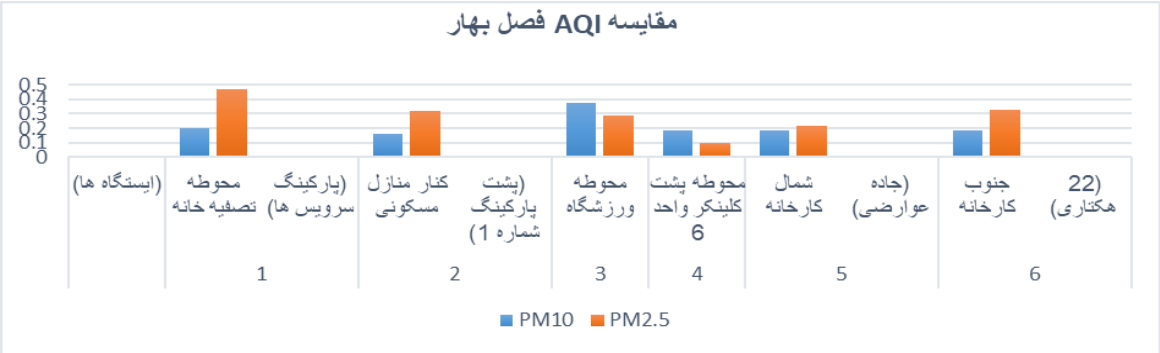
پارامتر / فصل / ایستگاه	PM10 (ug/m^3) بهار ۹۵	تابستان ۹۵	پاییز ۹۵	زمستان ۹۵
۱	۰/۲۲۰	۶۲	۹۳/۴	۲۵/۲
۲	۰/۱۷۸	۴۹	۱۰۵	۱۲۵/۲
۳	۰/۴۰۲	۵۸	۱۰۱/۴	۴۱/۹
۴	۰/۱۹۹	۵۸	۷۱/۸	۵۹/۵
۵	۰/۱۹۸	۸۶	۸۴	۵۲/۹
۶	۰/۲۰۲	۵۳	۹۹	۴۹/۴

جدول ۴- مقایسه مقادیر میانگین غلظت ذرات معلق PM2.5 در صنعت مورد مطالعه

Table 4. Comparison of the mean values of $PM_{2.5}$ suspended particles in the studied industry

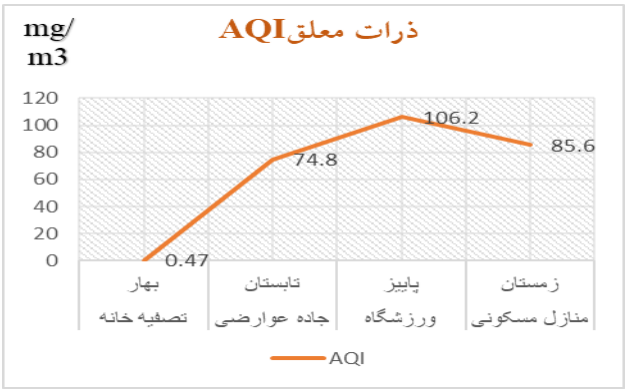
پارامتر / فصل / ایستگاه	PM2.5 (ug/m^3) بهار ۹۵	تابستان ۹۵	پاییز ۹۵	زمستان ۹۵
۱	۰/۱۴۵	۲۲	۳۲/۲	۵/۲
۲	۰/۰۹۹	۱۹	۳۰/۷	۶/۹
۳	۰/۰۸۸	۲۳	۳۷/۵	۸/۱
۴	۰/۰۳۰	۱۸	۲۲/۶	۷/۵
۵	۰/۰۶۸	۲۵	۲۶/۶	۱۵/۸
۶	۰/۱۰۱	۱۹	۲۵/۴	۸/۲

با توجه به شکل ۲ آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل بهار مربوط به تصفیه خانه با پارامتر $PM_{2.5}$ و بیشترین مقدار ۰/۴۷ می باشد. همچنین این مقدار در فصل بهار جزو طبقه بندی پاک، شاخص کیفیت هوا قرار دارد. آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل تابستان مربوط به جاده عوارضی با پارامتر $PM_{2.5}$ و بیشترین مقدار ۷۴/۸ می باشد. این مقدار در فصل تابستان جزو طبقه بندی سالم، شاخص کیفیت هوا قرار دارد. آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل پاییز مربوط به محوطه ورزشگاه با پارامتر $PM_{2.5}$ و بیشترین مقدار ۱۰۶/۲ می باشد. این مقدار در فصل پاییز جزو طبقه بندی ناسالم برای گروه های حساس شاخص کیفیت هوا قرار دارد. آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل زمستان مربوط به منازل مسکونی با پارامتر PM_{10} و بیشترین مقدار ۸۵/۶ می باشد. همچنین این مقدار در فصل زمستان جزو طبقه بندی سالم شاخص کیفیت هوا قرار دارد. در مرحله آخر شاخص کیفیت هوا می بایست AQI کل سال صنعت سیمان در سال ۱۳۹۵ را از میان فصول مختلف انتخاب کرد. با توجه به شکل ۳ و نمودار AQI ذرات معلق مشخص شد که مسئول آلاینده ذرات معلق در طول سال ۹۵ مربوط به ایستگاه ورزشگاه (فصل پاییز) و $PM_{2.5}$ می باشد. بنابراین وضعیت کیفیت هوا با مقدار ۱۰۶/۲ در صنعت سیمان در طبقه بندی ناسالم برای گروه های حساس قرار گرفته که با رنگ نارنجی مشخص می شود (جدول ۵).



شکل ۲- مقایسه نمودارهای AQI تمام ایستگاه ها در فصول مختلف ۱۳۹۵

Figure 2. Comparison of AQI charts of all stations in different seasons of 2016



شکل ۳- نمودار نتایج AQI صنعت سیمان در سال ۹۵

Figure 3. AQI results of cement industry in 2016

جدول ۵- نتایج آلاینده شاخص در سال ۱۳۹۵

Table 5. AQI results of cement industry in 2016

شاخص کیفیت هوا	غلظت PM2.5	سطح اهمیت	رنگ
101-150	۱۰۶/۲	ناسالم برای گروه های حساس	نارنجی

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی ذرات معلق محیطی PM_{10} و $PM_{2.5}$ با روش شاخص کیفیت هوا در سال ۱۳۹۵ در مجتمع صنعتی سیمان تهران انجام گرفت. اولین یافته ای که از پژوهش حاضر به دست آمد، این بود که آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل بهار مربوط به تصفیه خانه بوده که جزو طبقه بندی پاک قرار دارد. در ادامه آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل تابستان مربوط به جاده عوارضی (طبقه بندی سالم)، آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل پاییز مربوط به محوطه ورزشگاه (طبقه بندی ناسالم برای گروه های حساس)، آلاینده مسئول در کل ایستگاه های فصل زمستان مربوط به منازل مسکونی (طبقه بندی سالم) قرار دارد. بنابراین آلاینده ترین ایستگاه طی یک سال یا ۴ فصل متفاوت مربوط به فصل پاییز می باشد. از جمله دلایلی که می تواند بر یافته های این پژوهش و آلودگی هوای کمتر از حد مورد انتظار صدق کند موارد ذیل می تواند باشد: خط تولید یک و دو به دلیل فرسودگی و مصرف انرژی بالاتر از حد استاندارد متوقف شده اند. همچنین واحد ۵ بدلیل عدم بروزرسانی و اتلاف انرژی، در سال ۱۳۸۹ از رده خارج شده است. خط نولید شماره ۸ با ظرفیت ۳۴۰۰ تنی با بهره گیری از برترین تکنولوژی روز دنیا و استاندارد های زیست محیطی در راندمان تولید و غبار گیری احداث شده است. طرح تبدیل الکتروفیلترهای آسیاب سیمان ۲ ، ۳ و ۴ به هیبرید اجرایی شده است. طرح خود اظهاری با آزمایشگاه های معتمد سازمان حفاظت از محیط زیست، در خصوص اندازه گیری و نمونه برداری از پارامترهای آلاینده مرتبط با صنعت سیمان به طور مرتب پایش می شود. دستگاه های پایش لحظه ای مجهز به سیستم غبارسنج بر خط Online در دودکش های کوره ۴ و ۶ و ۸ خریداری و مستقر شده است. در پژوهشی وضعیت آلایندگی ذرات معلق و مونوکسید کربن در واحد های سیمان و عوامل اثرگذار در بهبود پایش و کنترل آلودگی را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان دهنده کارآیی پایین سیستم های کنترل آلودگی هوا در صنایع سیمان بوده است (۱۷). در این مقاله نیز نتایج نشان دهنده این است که تعدادی از واحد های آلاینده و فرسوده (مانند واحد های ۲،۱و ۵) وجود داشته که طی سال های گذشته از رده خارج شده اند و طی سال های اخیر جهت حفاظت از محیط زیست منطقه شهر ری، الکترو فیلترهای مناسب در کوره های مجتمع صنعتی سیمان تهران خریداری و نصب گردیده است. در پژوهشی دیگر معیارهای کیفیت هوا از جمله PSI[1] آلودگی هوا مقایسه گردیده و وضعیت کیفیت هوای شهر تبریز در ایستگاه های مورد نظر تعیین و به نقش متقابل کاربری های اراضی مؤثر در کاهش یا افزایش آلودگی هوا پرداخته شده است (۱۸). در این پژوهش نیز ایستگاه هایی که به منابع آلاینده نزدیکتر بوده، غلظت حداکثری پارامتر ذرات معلق را به خوبی نشان داد. همچنین کاربری های پوشش گیاهی تاثیر مستقیم در جذب و کاهش آلودگی ذرات داشته که می بایست استراتژی مناسب در جهت گسترش این نوع از کاربری ها در اطراف مجتمع صنعتی سیمان تهران اتخاذ گردد. در مقاله ای غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در منطقه ۹ شهرداری کرج اندازه گیری شد و نتایج نشان داد غلظت ذرات معلق ۲/۵میکرون در مناطق با ترافیک سنگین، در مرکز شهر بالاتر بوده و سایر مناطق به طور میانگین در فصل پاییز دارای آلودگی متوسط بوده است (۱۹). همچنین در این پژوهش دو نوع از ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان دهنده حداکثر غلظت ذرات معلق، در فصل پاییز (محوطه ورزشگاه) و به طور میانگین آلودگی متوسط در سایر

1- Pollutant Standards Index

فصل ها بوده است. در پژوهشی دیگر مطالعه ای با عنوان شاخص بحرانی[1] در پایش شبکه ای آلودگی هوا در منطقه صنعتی شهر همیلتون کانادا انجام پذیرفت و ذرات معلق PM_{10} در هشت نقطه از منطقه آلوده بررسی شد. نتایج نشان دهنده معنی دار بودن شاخص بحرانی در کاهش تاثیر بر روی شبکه پایش بود (۲۰). در پژوهش حاضر نیز پایش شاخص کیفیت آلودگی هوا در منطقه صنعتی سیمان ری در شهر تهران بررسی شده و ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} در شش ایستگاه اندازه گیری شد. در این راستا نتایج مشابهی مبنی بر کاهش آلودگی هوا با استفاده از شاخص کیفیت هوا در فصول آلاینده به دست آمد. بنابراین با توجه به یافته های مطالعات ذرات معلق، مشخص می شود که عوامل بسیاری در غلظت و پراکنش ذرات معلق موثر است. ازجمله یکی از این عوامل می توان به تاثیر فصل های مختلف سال در مقدار غلظت ذرات اشاره کرد. به علاوه نوع و میزان فرآیند های تولیدی در زمان-های متفاوت می تواند تاثیر مستقیم در غلظت آلایندگی ذرات داشته باشد. از جمله محدودیت هایی که در راستای اجرای این مطالعه وجود داشت می توان به عدم دسترسی به اطلاعات کامل و دیتاهای دقیق ذرات معلق و همچنین عدم دسترسی به ایستگاه های سنجش مکانی، اشاره کرد. با توجه به نتایج بالا، در ذیل تعدادی پیشنهاد قابل اجرا و کاربردی جهت نیل به هوای پاک در منطقه صنعت سیمان تهران و شهر ری ارایه می-گردد.

پیشنهادهای کاربردی

۱. افزایش قدرت مکش و تهویه تجهیزات غبار گیر مخصوصاً در کوره ها ۲. ارتقای تکنولوژی و سرویس و نگه داری مناسب الکترو فیلترها جهت جلوگیری از انتشار ذرات معلق ۳. توسعه فضای سبز (از نوع پهن برگان) در اطراف معادن و کارخانه سیمان تهران به منظور جلوگیری از انتشار گرد و غبار، همچنین عمل تصفیه بوسیله شاخ و برگ درختان

1- Criticality Index For Air Pollution

References

1. Bai N, Khazaei M, van Eeden SF, Laher I. 2007. The pharmacology of particulate matter air pollution-induced cardiovascular dysfunction. Pharmacol Ther. Vol 113. Pp. 16-29.
2. Dadbakhsh, M., Khanjani, N., Bahrampour, A., 2015. Death from respiratory diseases and air pollutants in Shiraz. Environment Pollution and Human Health. Vol.3 (1), pp.4-11.
3. Song, C., He, J., Wu, L., Jin, T., Chen, X., Li, R., Ren, P., Zhang L., Mao, H., 2017. Health burden attributable to ambient PM2.5 in China. Environ. Pollut. Vol 223, pp 575-586.
4. Sadat Hulk, F., Kavosy Rahim, A., Banifatemi, M., 2016. Evaluation of pollutant particles in ambient air and study of anions and cations in it (case study). Environmental hazards. Vol 7. (Persian).
5. Evans J, van Donkelaar A, Martin RV, Burnett R, Rainham DG, Birkett NJ, et al, 2013. Estimates of global mortality attributable to particulate air pollution using satellite imagery. Environ Res. Vol 120. pp 33-42
6. Shahmoradi, B.,Khobi, j., 2011. Air pollution. Kordestan. Sepehr danesh. (In Persian).
7. Goudarzi G, Geravandi S, Foruozandeh H, Babaei AA, Alavi N, Niri MV, et al, 2015. Cardiovascular and respiratory mortality attributed to ground-level ozone in Ahvaz, Environ Monit Assess. Vol 187(8). pp 487.
8. Gourbani, N., Yazdani, j., Etemadinejad, S., 2016. The relation between climate and mortality due to cardiovascular diseases in Mashhad, Mazandaran University of Medical

Sciences, Vol 146(26). Pp47-55. (In Persian)

9. Song, C., et al., 2017.Air pollution in China:Status and spatiotemporal variations. Environ. Pollut. Vol 227. pp 334-347.
10. Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. 2013.The carcinogenicity of outdoor air pollution. Lancet Oncol. Vol 14(13). pp 1262-1263.
11. Ranjbar, A, .MihanParast, M, Nouri, F, 2016. Investigation of dust phenomenon in western Iran from a meteorological point og view (long term and short term study). Nivar. Vol 92-93(40). Pp 53-66. (In Persian)
12. Chehregani, H. 2044. Environmental engineering in the cement industry. Hadeq Publishing, Second chapter. (In Persian)
13. Sadhana, Ch., Ashok, T., 2016.Assessment of Ambient Air Quality in the Vicinity of Cement Industries. International Journal of Applied Research and Technology, Vol 1.pp. 39-46
14. Mosavi, A. 2015.Modeling the emission of particulate matter from Tehran cement plant units. Master's Thesis. University of Science and Research in Tehran.pp 40-52.(In Persian)
15. Hamekoski, K. The use of a simple air quality index in the Helsinki area Finland, 1998. Environ Manage. Vol 22. Pp.517-520.
16. Guide for calculating, determining and reporting the air quality index, Requirements, 2016. Guidelines for the Center for Environmental Health and Work. Environmental Research Center. (In Persian)
17. Gandmakar, M,. Ansari, Sh. and Ebrahimi, F, Sameni, M,.2016. Cement units and effective factors in improving monitoring and pollution control, First International Conference on Environmental Pollutants Sampling and Refining. Tehran. Iran. (In Persian)
18. Ismail Nejad, M,. Eskandari, M, Bar Zaman, S. Evaluation and zoning of air pollution in Tabriz metropolis. Journal of Regional Planning. Vol 19(5).Pp 173-186. (In Persian)
19. Kermani,H,. et al., 2015 Quantitative and qualitative study of air pollution caused by 2.5 micron suspended particles in District 9 of Karaj Municipality, 2nd International Congress of Earth Sciences and Urban Development, Tabriz, Iran. (In Persian).
20. Adams, M.D., Kanaroglou, P.S. 2015. A criticality index for air pollution monitors. Atmospheric Pollution Research. Vol 7.pp. 482-487.