ارزیابی پراکنش گرد و غبار(PM_{10} و $PM_{2.5}$) در محوطه کارخانه سیمان دورود و بررسی میزان مواجهه فردی با آن ها

حشمت الله نورمرادی[۱]، یوسف امیدی خانی‌آبادی*[۲]، غلامرضا گودرزی[۳]، مهدی جوروند[۲]، کمیلا نیک‌مهر[۴]

۱) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
۲) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۳) گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۴) گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۳**

چکیده

مقدمه: گرد و غبار حاصل از تولید سیمان به عنوان یکی از مهم ترین نگرانی های زیست محیطی شناخته می شود. کارخانه سیمان دورود یکی از منابع اصلی انتشار ذرات معلق در شهرستان دورود می باشد. هدف از این مطالعه اندازه گیری میزان گرد و غبار (PM_{10} و $PM_{2.5}$) محیط اطراف کارخانه سیمان دورود، بررسی کیفیت هوا از نظر ذرات معلق و مطالعه میزان مواجهه فردی با آن ها می باشد.

مواد و روش ها: این پژوهش به صورت توصیفی-تحلیلی انجام گرفته است. نمونه برداری توسط دستگاه Dust Truck مدل TSI 8520 در مدت ۳ ماه بر اساس دستورالعمل EPA صورت گرفت. غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ در ۱۰ ایستگاه مهم از نظر مواجهه با ذرات در محیط اطراف کارخانه سیمان مورد سنجش قرار گرفت. کیفیت هوا با استفاده از شاخص AQI مورد بررسی قرار گرفت و میزان مواجهه فردی با PM_{10} و $PM_{2.5}$ محاسبه شد. اطلاعات هواشناسی ۱۰ ساله شهرستان دورود بررسی گردید و رزباد آن رسم شد. داده های غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ توسط نرم افزار SPSS vol.16 و آزمون های آماری ANOVA یک طرفه و T-test آنالیز گردید.

یافته های پژوهش: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حداکثر میانگین غلظت ذرات مشاهده شده برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب برابر ۱۲/۰۲ $\mu g/m^3$ ۶۱/۴± و ۲/۱۲ $\mu g/m^3$ ۳۶/۸± بوده است. در ۳/۰۶ درصد نمونه های PM_{10} کیفیت هوا در محدوده غیر بهداشتی قرار داشت در حالی که در ۱۰۰ درصد موارد کیفیت هوا از نظر $PM_{2.5}$ در شرایط خوب قرار داشته است. هم چنین حداکثر میزان وزنی-زمانی مواجهه فردی برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۶۱۴ $\mu g\text{-}h/m^3$ ۴۹۱/۲- و ۳۶۸ $\mu g\text{-}h/m^3$ ۲۹۴/۴- به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: افزایش غلظت گرد و غبار ناشی از کارخانه سبب انتقال این آلاینده ها(که ممکن است حاوی مواد محرک و خطرناک باشد) به سمت مرکز شهرستان دورود و مناطق مسکونی می گردد. بنا بر این، توصیه می شود که از سیستم ها و روش های جدید مانند بگ فیلترها، بگ هوس ها و رسوب دهنده های الکتروستاتیکی به منظور کاهش گرد و غبار خروجی از دودکش این صنعت به محیط اطراف استفاده شود.

واژه های کلیدی: پراکنش گرد و غبار، کارخانه سیمان، PM_{10}، $PM_{2.5}$، مواجهه فردی

*نویسنده مسئول: گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران

Email:Yusef_omidi@yahoo.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهم ترین معضلات زیست محیطی بوده که همواره تهدیدی جدی برای سلامت و بهداشت جامعه بوده است(۱). صنعتی شدن، شهرسازی و رشد مداوم جمعیت، افزایش آلودگی هوا و محیط زیست را به دنبال داشته است. تماس مزمن با آلاینده های هوا یک مشکل گسترده جهانی می باشد. سازمان جهانی بهداشت(WHO) گزارش داد که سالانه بیش از ۲/۷ میلیون مرگ در رابطه با آلودگی هوا رخ می دهد(۲،۳). ذرات معلق، اصطلاح عمومی گرد و غبار موجود در هوا است و جزء مهم ترین آلاینده ها شناخته می شود که کیفیت هوای بسیاری از شهرهای جهان را تحت تاثیر قرار داده است(۴). ذرات می توانند در دو کلاس شامل ذرات درشت($PM\leq ۱۰$) و ذرات ریز($PM\leq ۲/۵$) طبقه بندی گردند(۵،۶). بخش ذرات ریز دارای پتانسیل بالایی برای نفوذ به عمق سیستم تنفسی می باشد. مطالعات اپیدمیولوژی نشان داد که سالانه بیش از ۵۰۰۰ آمریکایی به دلیل بیماری هایی قلبی-عروقی مرتبط با $PM\leq ۲/۵$ می میرند(۷). هم چنین طی تحقیقاتی که WHO در شهرهای رم و گپنهاک انجام داده بود به این نتیجه رسید که افزایش هر $۱۰\ \mu g/m^3$ در میزان غلظت $PM_{2.5}$ سبب افزایش ۱۲ درصد بیماری های قلبی-عروقی و ۱۴ درصد سرطان ریه می شود(۸). ذرات معلق توسط باد منتقل می گردند و به وسیله حرکت توربولانت در اتمسفر پراکنده می گردند(۹). یکی از صنایعی که سبب آلودگی ذرات می گردد، صنعت سیمان می باشد. صنعت سیمان به طور قابل توجهی ذرات معلق(در نتیجه تغذیه مداوم مواد خام به درون کوره دوار) تولید می کند(۷). گرد و غبار حاصل از تولید سیمان، یک پودر قهوه ای رنگ با قطر آئرودینامیکی حدود ۰/۰۵ تا ۱۰ μ می باشد(۱۰). این اندازه ذرات سیمان در محدوده تنفسی انسان قرار دارد و لذا قرار گرفتن در معرض این ذرات سبب بروز علائم تنفسی می گردد(۱۱). منبع انتشار غبار کارخانه سیمان به طور عمده آسیاب مواد خام، سیستم کوره، کلینکر و آسیاب سیمان می باشد(۱۲) عامل خطر اصلی در پروسه تولید سیمان، گرد و غباری است که کارگران با آن مواجه می شوند که می تواند سبب اثرات حاد و عوارض جانبی گردد(۱۳). گرد و غبار حاصل از تولید سیمان به عنوان مهم ترین نگرانی زیست محیطی در رابطه با تولید سیمان شناخته می شود(۳). در سنجش میزان مواجهه هر فرد با یک آلاینده، هوا، محدوده تنفسی شخص مورد نظر جهت بررسی میزان آلاینده های قابل استنشاق در نظر گرفته می شود. میزان مواجهه فردی به غلظت دریافتی یک آلاینده در یک مدت زمان مشخص توسط فرد اشاره دارد(۱۴). ذرات معلق، دی اکسیدگوگرد، دی اکسیدنیتروژن، مونوکسیدکربن و ازن به عنوان آلاینده های شاخص جهت بررسی کیفیت هوا شناخته می شوند. وجود ذرات معلق در غلظت های بالاتر از حد استاندارد به عنوان یکی از علل اصلی کیفیت نامناسب هوا شناخته می شود(۱۵). در شهرهای صنعتی، افزایش غلظت ذرات معلق حاصل از فعالیت های صنعتی، اثر قابل توجهی در کاهش کیفیت هوا و در نتیجه پیامدهای بهداشتی حاصل از استنشاق آن دارد(۵،۱۰). طی مطالعه ای مارکون و همکاران(۲۰۱۴) به ارزیابی بین غلظت PM_{10} خروجی از دودکش و غیبت از مدرسه در نزدیکی یک کارخانه سیمان بزرگ در ایتالیا پرداختند. میانگین غلظت PM_{10} در دوره نمونه برداری $۳۴\ \mu/m^3$ به دست آمد. مجریان گزارش کردند که هر افزایش $۱۰\mu/m^3$ در میزان PM_{10} سبب افزایش معنی دار ۲/۵ درصد در غیبت دانش آموزان از مدرسه می گردد(۱۶). در مطالعه ای دیگر نقاب و چوبینه(۲۰۰۷) با بررسی اثرات مواجهه با ذرات سیمان به این نتیجه رسیدند که رابطه معنی داری بین مواجهه کارگران با ذرات گرد و غبار سیمان و بروز علائم تنفسی وجود دارد(۱۷). ابوهایس و همکاران(۱۹۹۷) نشان دادند که ریسک ابتلاء به بیماری در کارگران در معرض مواجهه با ذرات گرد و غبار سیمان بیش از سایر کارگران می باشد(۱۸) یاکتین و بایرام(۲۰۱۰) در ترکیه نشان دادند که دودکش کارخانه سیمان سهم قابل توجهی در انتشار ذرات گرد و غبار و عناصر جرئی به محیط اطراف کارخانه دارد(۱۹). الماسی و همکاران(۲۰۱۳) میانگین ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در محیط اطراف کارخانه سیمان سامان کرمانشاه را به ترتیب ۹۰/۳۷ و ۲۷/۱۸ به دست آوردند(۲۰). عبدالوهاب(۲۱)، باروتیان و همکاران(۲۲)،

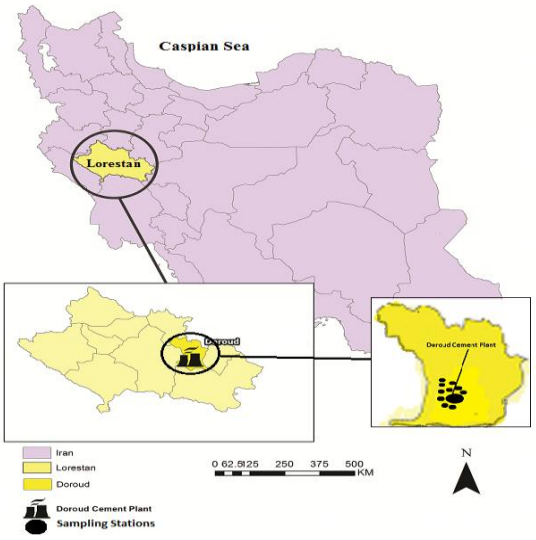
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

جان و همکاران(۲۳) و غلامی و همکاران(۲۴) نیز مطالعاتی روی گرد و غبار حاصل از تولید سیمان انجام داده اند. با توجه به تحت تاثیر قرار گرفتن جوامع مجاور و کارگران با آلاینده های تولیدی خصوصاً ذرات معلق که ممکن است حاوی عوامل محرک و خطرناک باشند، هدف از این مطالعه سنجش و ارزیابی اثر گرد و غبار خروجی از دودکش کارخانه سیمان دورود بر روی کیفیت هوای مجاور کارخانه سیمان و بررسی میزان مواجهه فردی با این آلاینده ها از نظر PM_{10} و $PM_{2.5}$ می باشد.

مواد و روش ها

کارخانه سیمان دورود در استان لرستان و در شهرستان دورود قرار دارد. این کارخانه در مرکز شهر و همجوار با مناطق مسکونی واقع شده است. کارخانه سیمان دورود فعالیت خود را از سال ۱۳۳۸ آغاز کرده است. میزان تولید این کارخانه در سه فاز ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۴۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۵۰۰ تن در روز می باشد(۲۵). شکل شماره ۱ جایگاه کارخانه سیمان دورود در نقشه کشور و نقاط نمونه برداری را نشان می دهد.

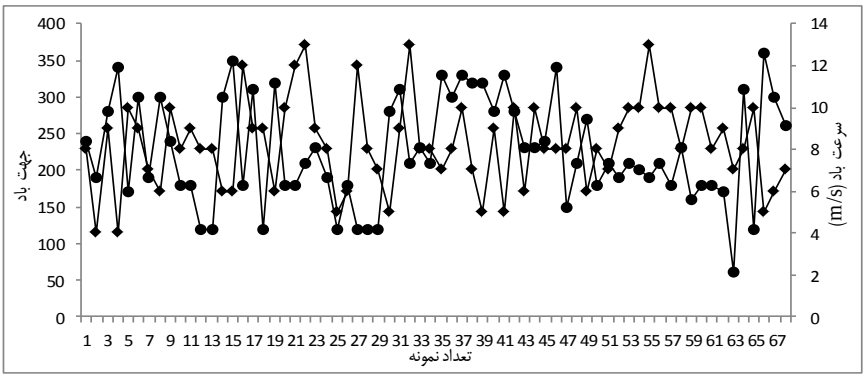


شکل شماره ۱. جایگاه کارخانه سیمان درنقشه کشور

نمونه برداری ذرات معلق: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، سنجش ذرات معلق حاصل از تولید سیمان در محیط اطراف کارخانه انجام گرفت. ایستگاه های نمونه برداری در ۱۰ نقطه(S_1 تا S_{10}) اطراف کارخانه سیمان که از نظر مواجهه با ذرات معلق توسط کارگران و دیگر ساکنین منطقه و نیز جهت باد غالب به سمت مرکز شهر بیشتر مورد توجه بودند، در نظر گرفته شدند. به منظور اندازه گیری PM_{10} و $PM_{2.5}$ از دستگاه Dust Truck Aerosol Monitor مدل TSI 8520 استفاده گردید. نمونه گیری بر اساس دستورالعمل سازمان محیط زیست آمریکا(EPA) انجام گرفت(طبق رهنمود سال ۲۰۰۲ توصیه شده است که هر ماه حداقل ۱۰ نمونه اخذ گردد)(۳). عمده شرایط هنگام نمونه برداری متمرکز بر روی سرعت و جهت باد بوده است و سعی شده است تا نمونه برداری در شرایط جوی آرام و در روزهای مختلف صورت پذیرد. در کل ۶۸ نمونه برای بررسی میزان PM_{10} و $PM_{2.5}$ در ۳ دوره نمونه برداری به صورت هفتگی و به مدت ۳ ماه گرفته شد و میانگین نتایج با استاندارد WHO برای مواجهه روزانه مقایسه گردید. بر طبق رهنمود EPA، نمونه برداری در محدوده تنفسی در ارتفاع ۱/۵ متری سطح زمین انجام گرفت(۲۶). اطلاعات مرتبط با جهت و سرعت باد در هر دوره نمونه برداری از ذرات معلق ثبت گردید و داده های حاصله در شکل شماره ۲ ارائه شده است.

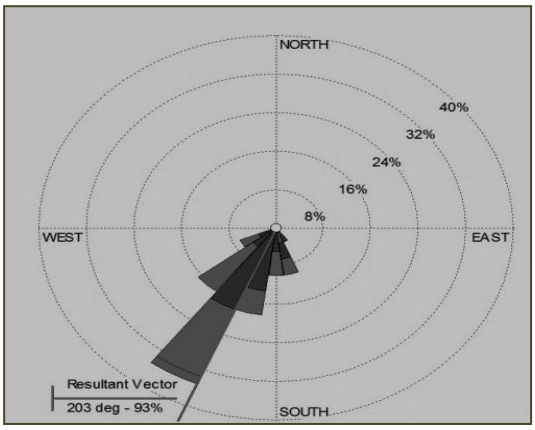
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]



شکل شماره ۲. سرعت و جهت باد غالب در زمان نمونه برداری از ذرات معلق

برای اکثر مطالعات مرتبط با سنجش ذرات معلق، بررسی اطلاعات هواشناسی حداقل ۵ ساله توصیه گردیده است. بنا بر این اطلاعات هواشناسی ۱۰ ساله شهرستان دورود از ایستگاه هواشناسی این شهرستان تهیه گردید و جهت و سرعت باد غالب از طریق رسم رز سرعت و جهت باد مشخص گردید. در شکل شماره ۳ رز سرعت و جهت باد در منطقه نمونه برداری ارائه شده است.



شکل شماره ۳. رز ۵ ساله جهت و سرعت باد در منطقه نمونه برداری

پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار گرد و غبار در نمونه های گرفته شده، شاخص کیفیت هوای اطراف کارخانه سیمان دورود لرستان از نظر PM_{10} و $PM_{2.5}$ توسط فرمول AQI (رابطه ۱ که توسط Center for Scientific and Environment ارائه شده است) به دست آمد تا کیفیت هوای محوطه کارخانه سیمان از نظر ذرات معلق توصیف گردد و سپس میزان مواجهه فردی یا مواجهه وزنی–زمانی (Time weighted average) با PM_{10} و $PM_{2.5}$ توسط مدل ارائه شده (رابطه ۲)، محاسبه گردد.

رابطه ۱:

$$I_P = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BO_{HI} - BP_{LO}}(C_P - BP_{LO}) + I_{LO} \qquad (1)$$

که در آن I_P مقدار AQI برای آلاینده مورد نظر (PM) است. مقدار C_P غلظت واقعی در هوای آزاد، BP_{HI} و BP_{LO} به ترتیب حدود بالا و حدود پایین می باشدکه غلظت مورد نظر در آن محدوده قرار می گیرد، I_{LO} و I_{HI} به ترتیب AQI ارائه شده در جدول شماره ۱ برای BP_{LO} و BP_{HI} می باشد(۲۷).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

جدول شماره ۱. میزان AQI برای غلظت های مشخصی از آلاینده PM(۲۷)

میزان AQI	توصیف	PM(µg/m^3)
۰-۵۰	خوب	۰-۵۴
۵۱-۱۰۰	متوسط	۵۵-۱۵۴
۱۰۱-۲۰۰	غیر بهداشتی	۱۵۵-۳۵۴
۲۰۱-۳۰۰	خیلی غیر بهداشتی	۳۵۵-۴۲۴
>۳۰۰	بحرانی	>۴۲۵

رابطه ۲:

$$E_i = \sum_{k=1}^{m} \sum_{k=1} C_{ik} T_{ik} \qquad (2)$$

در رابطه ۲ مقدار E_i میزان مواجهه فردی($\mu g\text{-}h/m^3$) و C_{ik} غلظت ذرات قابل استنشاق در نقطه مورد نظر. هم چنین T_{ik} مدت زمانی است که فرد در معرض ذرات مورد نظر سپری می کند(۲۸). این مدل توسط NAS (The National Academy of Sciences) معرفی گردید و میزان مواجهه استنشاقی را نشان می دهد (۲۹). بر این اساس ما از این معادله جهت بررسی میزان مواجهه فردی با گرد و غبار حاصل از تولید سیمان استفاده کردیم. در این مطالعه از نرم افزار SPSS vol.16 و آنالیزهای آماری T-test و ANOVA یک طرفه جهت ارتباط بین میانگین غلظت آلاینده های PM_{10} و $PM_{2.5}$ استفاده گردید. هم چنین جهت رسم رزباد ۵ ساله شهرستان دورود نرم افزار WRPLOT View Freeware به کار گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

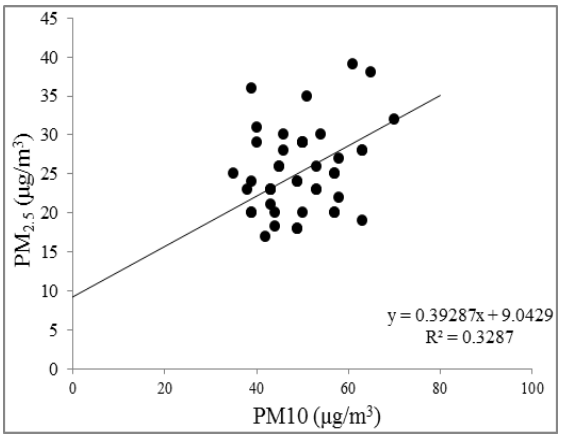
در این مطالعه در کل ۶۸ نمونه جمع آوری گردید. آنالیزهای آماری حاصل از سنجش ذرات معلق در ایستگاه های اطراف کارخانه سیمان شامل میانگین، انحراف معیار، $PM_{2.5}$-PM_{10} و نسبت $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$ در جدول شماره ۲ ارائه شده است. بر این اساس بیشترین میانگین PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۱۲/۰۲±۶۱/۴ و ۲/۱۲±۳۶/۸ در ایستگاه شماره ۵ حاصل شده است. هم چنین در ۵ ایستگاه نمونه برداری میانگین مقادیر PM_{10} و $PM_{2.5}$ از مقدار مواجهه روزانه بالاتر بوده است. بالاترین نسبت $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$ ۰/۷۵۸ در ایستگاه شماره ۱ حاصل شده است. در شکل شماره ۴ همبستگی بین PM_{10} و $PM_{2.5}$ با یک مقدار R^2 >۰/۳۲ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف معیار مقادیر PM_{10} و $PM_{2.5}$ ، $PM_{2.5}$ - PM_{10} و $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$ در نمونه های گرفته شده در ایستگاه های اندازه گیری اطراف کارخانه سیمان

نقاط نمونه برداری	PM_{10} ($\mu g/m^3$) انحراف معیار± میانگین	میزان حد مجاز روزانه	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) انحراف معیار± میانگین	میزان حد مجاز روزانه	میزان $PM_{2.5}$-PM_{10}	میزان $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$	استاندارد $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$
S1	۴۲/۲ ± ۴/۹۴	۵۰	۳۲/۰ ± ۵/۶۵	۲۵	۱۰/۲	۰/۷۵۸	۰/۱۵-۰/۲۱
S2	۶۰/۵ ± ۳/۵۷	۵۰	۲۰/۴ ± ۲/۱۷	۲۵	۴۰/۱	۰/۳۳۷	۰/۱۵-۰/۲۱
S3	۴۰/۰± ۳/۵۳	۵۰	۲۳/۲ ± ۰/۱۹	۲۵	۱۶/۸	۰/۵۸۰	۰/۱۵-۰/۲۱
S4	۴۵/۰ ± ۸/۴۸	۵۰	۲۲/۶ ± ۲/۱۲	۲۵	۲۲/۴	۰/۵۰۲	۰/۱۵-۰/۲۱
S5	۶۱/۴ ± ۱۲/۰۲	۵۰	۳۶/۸ ± ۲/۱۲	۲۵	۲۴/۶۰	۰/۵۹۹	۰/۱۵-۰/۲۱
S6	۵۴/۳ ± ۱۴/۸۰	۵۰	۲۶/۱ ± ۰/۷۶	۲۵	۲۸/۲	۰/۴۸۰	۰/۱۵-۰/۲۱
S7	۵۰/۷ ± ۱۴/۶۴	۵۰	۳۵/۳ ± ۴/۹۴	۲۵	۱۵/۴	۰/۶۹۶	۰/۱۵-۰/۲۱
S8	۳۷/۱ ± ۳/۵۳	۵۰	۲۸/۰ ± ۲۴/۴	۲۵	۹/۱	۰/۷۵۴	۰/۱۵-۰/۲۱
S9	۴۳/۰ ± ۱۱/۳	۵۰	۱۸/۹ ± ۲/۱۲	۲۵	۳۱/۱	۰/۴۳۹	۰/۱۵-۰/۲۱
S10	۵۰/۰ ± ۲/۱۲	۵۰	۳۰ ± ۰/۷۶	۲۵	۱۴/۸	۰/۶۰	۰/۱۵-۰/۲۱

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]



شکل شماره ٤. همبستگی بین غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در نمونه های مورد سنجش

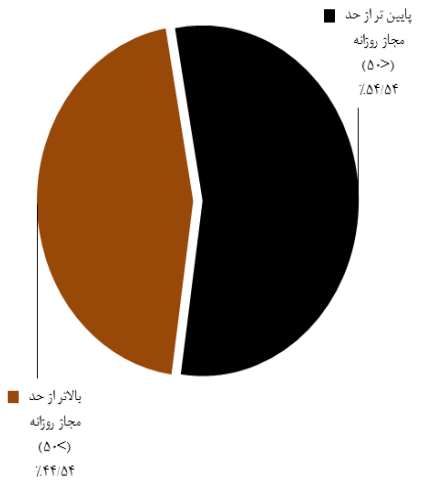
کیفیت هوا از نظر PM_{10} و $PM_{2.5}$ و میانگین مواجهه فردی: بررسی کیفیت هوای محوطه اطراف کارخانه سیمان دورود از نظر PM_{10} نشان داد که کیفیت هوا در طول نمونه برداری در ۲۳/۱۵ درصد در محدوده خوب(AQI<۵۰)، ۷۳/۷۹ درصد در محدوده کیفیت متوسط(AQI<۱۰۰) و ۳/۰۶ درصد در محدوده غیر بهداشتی(AQI >۱۰۰) قرار داشته است. هم چنین در ۱۰۰ درصد نمونه ها کیفیت هوا از نظر $PM_{2.5}$ در محدوده خوب (AQI< ۵۰) قرار داشته است. از نظر استاندارد میزان مواجهه روزانه WHO، ۴۴/۵۴ درصد نمونه های PM_{10} و ۵۲/۷۸ درصد نمونه های $PM_{2.5}$ از محدوده مجاز بالاتر بوده اند. بیشترین مقدار AQI در ایستگاه شماره ۵ با مقدار ۱۹۵/۶ برای PM_{10} به دست آمد. مقدار AQI در ۴ ایستگاه S_3، S_8، S_9 و S_{10} هم برای PM_{10} و هم برای $PM_{2.5}$ در محدوده خوب توصیف شده است. جدول شماره ۳ مقادیر شاخص کیفیت هوا و میزان مواجهه فردی برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ را نشان می دهد. میانگین مواجهه استنشاقی فردی با ذرات معلق با توجه به مدت زمان متوسط بین ۱۰-۸ ساعت کار روزانه در این کارخانه و در معرض قرار گیری کارگرانی که در این مکان ها فعالیت می کنند، به دست آمده است. با توجه به جدول بالاترین میزان مواجهه فردی ۶۱۴-۴۹۱/۲ و$\mu g\text{-}h/m^3$ ۳۶۸- ۲۹۴/۴ محاسبه شده است. هم چنین شکل شماره ۵ و ۶ به ترتیب نشان دهنده سطح کیفیت هوا از نظر PM_{10} و $PM_{2.5}$ و مقایسه با حدود استاندارد می باشد. با توجه به شکل شماره ۵ تنها در ۳/۰۶ درصد نمونه ها کیفیت هوا از نظر PM_{10} در شرایط غیر بهداشتی قرار داشته است در حالی که برای ذرات $PM_{2.5}$ محدوده غیر بهداشتی ملاحظه نشده است.

جدول شماره ۳. بررسی شاخص کیفیت هوای اطراف کارخانه سیمان برای ذرات معلق و میزان مواجهه فردی($\mu g\text{-}h/m^3$) با آن‌ها

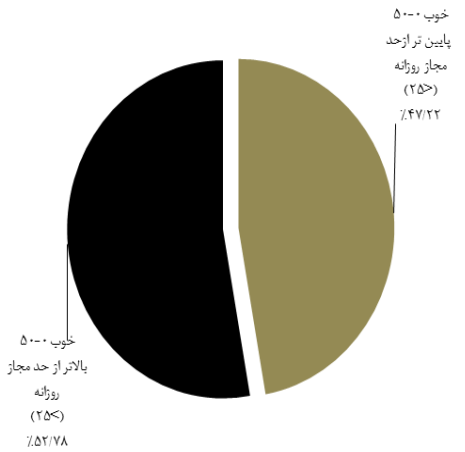
نقاط نمونه برداری	AQI PM_{10} ($\mu g/m^3$)	توصیف کیفیت هوا	AQI $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	توصیف کیفیت هوا	میزان مواجهه فردی با PM_{10} $\mu g\text{-}h/m^3$	میزان مواجهه فردی با $PM_{2.5}$ $\mu g\text{-}h/m^3$
S1	۵۹/۷۶	متوسط	۲۵	خوب	۴۴۲-۳۳۷/۶	۲۵۶-۳۲۰
S2	۱۵۸/۹	غیر بهداشتی	۲۵/۰۱	خوب	۴۸۴-۶۰۵	۱۶۳/۲-۲۰۴
S3	۲۱/۶	خوب	۱۰	خوب	۳۲۰-۴۰۰	۱۸۵/۶-۲۳۲
S4	۸۱	متوسط	۲۶/۶	خوب	۳۶۰-۴۵۰	۱۸۰/۸-۲۲/۶
S5	۱۹۵/۶	غیر بهداشتی	۳۰	خوب	۴۹۱/۲-۶۱۴	۲۹۴/۴-۳۶۸
S6	۶۳	متوسط	۲۱	خوب	۴۳۴/۴-۵۴۳	۲۰۸/۸-۲۶۱
S7	۹۸/۶۳	متوسط	۳۱/۵	خوب	۴۰۵/۶-۵۰۷	۲۸۲/۴-۳۵۳
S8	۲۱	خوب	۲۵	خوب	۲۹۶/۸-۳۷۱	۲۲۴-۲۸۰
S9	۲۵	خوب	۳۱/۶	خوب	۳۴۴-۴۳۰	۱۵۱/۲-۱۸۹
S10	۲۵	خوب	۵۰	خوب	۴۰۰-۵۰۰	۲۴۰-۳۰۰

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]



شکل شماره ۵. سطح کیفیت هوا از نظر غلظت ذرات معلق(PM_{10}) در نمونه های مورد سنجش و مقایسه با محدوده مجاز روزانه($۵۰\mu g/m^3$)



شکل شماره ٦. سطح کیفیت هوا از نظر غلظت ذرات معلق($PM_{2.5}$) در نمونه های مورد سنجش و مقایسه با محدوده مجاز روزانه($۲۵\mu g/m^3$)

بحث و نتیجه گیری

بررسی غلظت آلاینده ها و تعیین کیفیت هوای حاصل فعالیت یک صنعت به منظور پایش مداوم و اثرات آن روی جوامع مجاور و کارگرانی که در محل مشغول به کار می باشند از اولویت برخوردار می باشد(۲۴). با توجه به نوع فعالیت صنایع، تغییرات PM تحت تاثیر نوع و مقدار تولید و مدت زمان فعالیت در صنعت مورد نظر دارد. بنا بر این تغییرات غلظت PM_{10} و$PM_{2.5}$ در فصول مختلف و شرایط متفاوت هواشناسی می تواند افزایش یا کاهش یابد(۲۳). وون و همکاران یک ارتباط اماری قابل توجهی بین غلظت گرد و غبار و میزان مرگ و میر به علت بیماری های قلبی-عروقی و تنفسی در کره گزارش کردند(۲۱). بیشترین میانگین غلظت PM_{10} و $PM_{2.5}$ اندازه گیری شده در ایستگاه های شماره ۱ تا ۱۰(S_1-S_{10}) به ترتیب ۱۲/۰۲±۶۱/۴ و ۲/۱۲±۳۶/۸ در ایستگاه شماره ۵ حاصل شده است که این مقدار برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ از میزان استاندارد روزانه مواجهه با ذرات معلق رهنمودی توسط WHO متجاوز می باشد. در حالی که در مطالعه الماسی و همکاران بر روی ذرات گرد و غبار محیط اطراف کارخانه سیمان سامان کرمانشاه میانگین اندازه گیری این دو آلاینده از استاندارد پایین تر بوده است(۳۰). حد مجاز مواجهه با ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ بر طبق رهنمود WHO به ترتیب برابر $۵۰\mu g/m^3$ و $۲۵\mu g/m^3$

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

می باشد. بر این اساس میانگین PM_{10} در ۵ ایستگاه S_2، S_5، S_6، S_7 و S_{10} و میانگین $PM_{2.5}$ در ایستگاه های S_1، S_5، S_6، S_7 و S_8 از رهنمود WHO بالاتر بوده است. حداکثر میانگین PM_{10} در این مطالعه کمتر از نتایج مطالعه احرامپوش و امینی پور در یزد با حداکثر میزان $\mu g/m^3$ ۴۳۰ می باشد(۳۱). باروتیان و همکاران طی مطالعه ای روی کارخانه سیمان کرمان میانگین غلظت PM_{10} در پایین دست جهت باد را $\mu g/m^3$ ۳۸۰ به دست آوردند که از میانگین سالیانه WHO با مقدار $\mu g/m^3$۲۶۰ و نتایج حاصل از این مطالعه بالاتر بوده است(۲۲).

بر اساس آنالیز آماری Independent Sample T-test اختلاف میانگین مقادیر PM_{10} و $PM_{2.5}$ در ایستگاه های نمونه برداری معنادار نبود($P>0.05$). هم چنین آنالیز واریانس یک طرفه برای میانگین PM_{10} و $PM_{2.5}$ در هر ایستگاه نشان داد که میزان تفاوت مقادیر PM_{10} و $PM_{2.5}$ معنادار نبوده است($P>0.05$). بنا بر این در هر ایستگاه سنجش گرد و غبار، افزایش غلظت PM_{10} بر غلظت $PM_{2.5}$ اثر گذار نمی باشد.

ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون دارای پتانسیل بالایی در نفوذ به اعماق ریه و اثرات تنفسی و قلبی-عروقی می باشند. در این مطالعه حداکثر میزان $PM_{2.5}$ بالاتر از میانگین $PM_{2.5}$ اندازه گیری شده در مطالعه اگانتوک و همکاران در روستاهای مجاور کارخانه سیمان در نیجریه با مقدار $\mu g/m^3$۱۱ بوده است(۳۲). با توجه به جدول شماره ۲ مقدار $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$ در محدوده ۰/۷۵۸- ۰/۴۳۹ به دست آمده است. در کلیه موارد میزان $\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}}$ از استاندارد EPA با مقدار ۰/۲۵- ۰/۱۵ بالاتر است. که نشان می دهد بخش زیادی از PM_{10} را $PM_{2.5}$ تشکیل می دهد. در حالی که در مطالعه شارما و همکاران بر روی کارخانه سیمان در هند این نسبت ۰/۴۸- ۰/۲۷ می باشد(۳۳) که پایین تر از نتایج به دست آمده حاصل از این مطالعه می باشد.

با توجه به شکل شماره ۳(رزباد ۵ ساله شهرستان دورود) و با توجه به این که جهت باد غالب از سمت جنوب غربی کارخانه سیمان می وزد و این کارخانه نیز در محدوده شهرستان دورود و همجوار با مناطق مسکونی واقع شده است لذا افزایش غلظت گرد و غبار در محوطه کارخانه سبب انتقال این آلاینده ها(که ممکن است حاوی مواد محرک و خطرناک باشد) به سمت مرکز شهرستان دورود و مناطق مسکونی می گردد. با بررسی AQI هوای اطراف کارخانه سیمان، نتایج نشان دهنده سالم بودن نسبی هوا از نظر ذرات معلق دارد(AQI<۱۰۰). زیرا در ۹۶/۹۴ درصد نمونه ها میزان AQI کمتر از ۱۰۰ بوده است و تنها در ۳/۰۶ درصد نمونه ها میزان AQI در شرایط غیر بهداشتی (AQI >۱۵۰) قرار داشته است. با توجه به جدول شماره ۳ و اشکال شماره ۵ و ۶ بالاترین مقدار AQI در ایستگاه شماره ۵ با مقدار ۱۹۵/۶ برای PM_{10} و در ایستگاه شماره ۱۰ با مقدار ۵۰ برای $PM_{2.5}$ حاصل شده است. تنها در دو ایستگاه S_2 و S_5 مقدار PM_{10} در شرایط غیر بهداشتی برای PM_{10} قرار داشته است. بنا بر این کسانی که در این دو ایستگاه مشغول به فعالیت در زمان های طولانی هستند بیشتر در معرض آسیب های بهداشتی هستند. در حالی که در تمامی ایستگاه های مورد بررسی میزان AQI برای $PM_{2.5}$ در شرایط بهداشتی خوب قرار داشته است.

اگر داده های حاصل از این مطالعه بیانگر میزان مواجهه برای کارگرانی باشد که روزانه به طور متوسط بین ۸ تا۱۰ ساعت در محل کار خود حضور دارند و به نحوی با ذرات معلق در تماس می باشند، لذا لازم است تا میانگین وزنی-زمانی(TWA) یا مواجهه فردی برای آن ها محاسبه گردد. در این مطالعه بر طبق جدول شماره ۳ حداکثر میزان مواجهه فردی در ایستگاه شماره ۵ برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۶۱۴-۴۹۱/۲ و $\mu g\text{-}h/m^3$ ۳۶۸-۲۹۴/۴ به دست آمد که از این نظر کارگران مشغول فعالیت در این ایستگاه درای بیشترین مواجهه با ذرات معلق می باشند. در مطالعه حسین زاده و همکاران در شهر همدان میزان مواجهه فردی برای ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ به ترتیب ۵۲۴/۷۹ و $\mu g\text{-}h/m^3$ ۳۸۶ به دست آمدکه با نتایج این مطالعه مطابقت دارد(۳۴). این میزان مواجهه وزنی-زمانی به صورت استنشاقی می تواند در طولانی مدت سبب مخاطرات جدی بهداشتی برای کارگران در معرض گرد و غبار در این کارخانه و افرادی که در این محوطه فعالیت می کنند، گردد. این مطالعه به منظور بررسی

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

غلظت ذرات معلق(PM_{10} و $PM_{2.5}$) در محیط اطراف کارخانه سیمان دورود انجام گرفت. کیفیت هوای مرتبط با ذرات معلق سنجیده شده و نیز میزان مواجهه فردی با آن ها به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که فناوری کنترل آلاینده های خروجی کارخانه سیمان دورود جهت کنترل گرد و غبار از کارایی نسبتاً مطلوبی برخوردار می باشد زیرا نتایج داده های مورد آنالیز تقارب و تجانس نسبتاً مقبولی با استاندارد WHO و شاخص کیفیت هوا دارا می باشد(۳۰،۳۵).

برخی ذرات معلق ممکن است حاوی ملکول های گازی محرک باشند. افرادی که بخشی از اوقات روزانه خود را در این مکان ها می گذرانند در خطر آسیب های تنفسی ناشی از این گرد و غبار قرار دارند که در صورت استنشاق ممکن است مستقیماً روی بافت بدن ایجاد اثرات سوء کنند. این چنین ذراتی معمولاً در غلظت های بالا یافت نمی شوند. شدت اثر ذرات معلق روی بدن انسان به قدرت نفوذ این ذرات در دستگاه تنفسی و میزان سمیت آن ها بستگی دارد. سازه های بزرگ هم چون کارخانجات سیمان که حجم وسیعی از ذرات گرد و غبار را وارد محیط می کنند همواره مشکلات مهمی را سبب می شوند. بنا بر این توجه به میزان آلایندگی این سازه ها و استفاده از روش های نوین برای کنترل آلودگی ایجاد شده به وسیله آن ها مانند بگ فیلتر، بگ هوس، رسوب دهنده های الکتروستاتیکی و فیلترهای هیبریدی می تواند تا حد زیادی از آسیب های زیست محیطی و بهداشتی خصوصاً اثرات مضر برای کارکنان این حیطه بکاهد. به طور کلی چنین می توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت ذرات گرد و غبار به ویژه غبار حاصل از فعالیت صنایع و کاهش کیفیت هوا، اثرات مضر بر روی سلامت انسان در مواجهه طولانی مدت را به دنبال دارد.

سپاسگزاری

این مطالعه حاصل قسمتی از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی لرستان می باشد. نویسندگان این مقاله برخود لازم می دانند به دلیل فراهم کردن شرایط مناسب همکاری در اجرای این تحقیق مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئول محیط زیست کارخانه سیمان دورود آقای مهندس حسینی ابراز نمایند.

References

1. Perez P, Reyes J. An integrated neural network model for PM10 forecasting. Atmos Environ 2006;40:2845-51.
2. Nourmoradi H, Goudarzi G, Daryanoosh SM, Omidikhaniabadi F, Jourvand M, Omidikhaniabadi Y. Health impacts of particulate matter in air by AirQ model in Khorramabad city Iran. J Bas Res Med Sci 2015; 2:44-52.
3. Daryanoosh SM, Goudarzi G, Omidikhaniabadi Y, Armin H, Bassiri H, Khaniabadi FO. Effect of exposure to PM10 on cardiovascular diseases hospitalizations in Ahvaz Khorramabad and Ilam Iran During 2014. IJHSE 2016;3:428-33.
4. Taiwo AM, Harrison RM, Shi Z. A review of receptor modelling of industrially emitted particulate matter. Atmos Environ 2014;97:109-20.
5. Nourmoradi H, Omidikhaniabadi Y, Goudarzi G, Daryanoosh SM, Khoshgoftar M, Omidikhaniabadi F, et al. Air quality and health risks associated with exposure to particulate matter: A cross sectional study in Khorramabad Iran. Health Scope 2016; 22:144-9.
6. Ghermandi G, Fabbi S, Zaccanti M, Bigi A, Teggi S. Micro–scale simulation of atmospheric emissions from power plant stacks in the Po Valley. APR 2015;6:6-11.
7. Abril GA, Wannaz ED, Mateos AC, Pignata ML. Biomonitoring of airborne particulate matter emitted from a cement plant and comparison with dispersion modelling results. Atmos Environ 2014;82: 154-63.
8. Yazdanparast T, Salehpour S, Masjedi MR, Azin SA, Seyedmehdi SM, Boyes E, et al. Air pollution: the knowledge and ideas of students in Tehran-Iran, and a comparison with other countries. Acta Med Iran2013;51:487-93.
9. Isikli B, Demir T, Akar T, Berber A, Urer S, Kalyoncu C, et al. Cadmium exposure from the cement dust emissions a

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

field study in a rural residence. Chemosphere2006;63:1546-52.
10. Mohebbi A, Baroutian S. A detailed investigation of particulate dispersion from Kerman cement plant. Iran J Chem Chem Eng 2006;3:65-74.
11. Engelbrecht J, Joubert J, Harmse J, Hongoro C. Optimising a fall out dust monitoring sampling programme at a cement manufacturing plant in South Africa. Afr J Environ Sci Technol 2013;7:128-39.
12. Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Mashalla Y. Cement dust exposure and ventilator function impairment an exposure response study. J Occup Environ Med 2004;46:658-67.
13. Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Yost M. Variability in dust exposure in a cement factory in Tanzania. Ann Occup Hyg 2005;49:511-9.
14. Kulkarni M, Patil R. Monitoring of daily integrated exposure of outdoor workers to respirable particulate matter in an urban region of India. Environ Monit Assess 1999;56:46-129.
15. Hoseinzadeh E, Samarghandy M, Ghorbani Shahna F, Roshanaei G, Jafari J. [Rate of suspended particulate distribution (PM2.5, PM10 and TSP) in Hamadan main intercity bus stations and its exposure rate]. J Health Sys Res 2013;8:1245-549. (Persian)
16. Marcona A, Pesce G, Girardi P, Marchetti P, Blengio G, Sappadin SZ, et al. Association between PM10 concentrations and school absences inproximity of a cement plant in northern Italy. Int J Hyg Environ Health 2014;217:386- 91.
17. Neghab M, Choobineh A. [Work related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz,Iran]. J Occup Health 2007;49:273-8. (Persian)
18. AbuDhaise B, Rabi A, Zwairy M, Hader A, Qaderi S. Pulmonary manifestations in cement workers in Jordan. Int J Occup Med Environ Health 1997;10:417-28.
19. Yatkin S, Bayram A. TSP, PM depositions, and trace elements in the vicinity of a cement Plant and their source apportionments using chemical mass balance model in Izmir ,Turkey. Environ Monit Assess 2010;167:125-41.
20. Almasi A, Asadi F, Mohamadi M, Farhadi F, Atafar Z, Khamutian R, et al. [Survey of Pollutant emissions from stack of Saman cement factory of Kermanshah city from year 2011 to 2012]. J Health Field 2013;1:36-44. (Persian)
21. Abdulwahab S. Impact of fugitive dust emissions from cement plants on nearby communities. Ecol Model 2006;195:338-48.
22. Baroutian S, Mohebi A, Goharrizi SA. Measuring and modeling particulate dispersion a case study of Kerman cement plant. J Hazard Mater 2006;136:468-74.
23. Ujoh F, Ifatimehin OO, Kwabe ID. Estimating plume emission rate and dispersion pattern from a cement plant at Yandev Central Nigeria. Res Environ 2014;4:115-38.
24. Kakoli H, Gholami A, Ghasemkhani M. [Survey of exposure to cement dust and its effects on respiratory function in worker of a cement complex]. Ofoghe danesh 2012;18:60-6. (Persian)
25. Ahmed HO, Abdullah AA. Dust exposure and respiratory symptoms among cement factory workers in the United Arab Emirates. Ind Health2012;50:214-22.
26. Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, Hashemishahraki A, Alavi N, Ankali KA, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz Iran. Aerobiologia 2014;30:52-9.
27. Goyal P. Flexibility in estimating air quality index: a case study of delhi. Glob J Flex Sys Manag 2001;2:39-44.
28. Kulkarni M, Patil R. Monitoring of daily integrated exposure of outdoor workers to respirable particulate matter in an urban region of India. Environ Monit Assess1999;56:129-46.
29. Demetrios J, Watson J, DAbreton P, Scire J, Zhu T, Klein W, et al. Chapter three methodology of exposure modeling. Chemosphere 2002;49:923–46.
30.Almasi A, Moradi M, Sharafi K, Abbasi S. [Seasonal variation in air quality of Kermanshah city in terms of PM10 Concentration over a four-year period (2008-2011)]. J Health Sanit 2014;5:149-58. (Persian)
31. Ehrampoosh M, Aminipoor M. Determin of some pollutant in Yazd city. J

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

Shaheed Sadoughi Univ Med Sci 1999;7:27-32.
32. Olusegon O, Abidemi A, Harold A. Impact of cement factory operations on air quality and human health in Ewekoro local government area South-Western Nigeria. Int J Environ Stud 2012;1:1-12.
33. Rajnikant S, Pervez S. Seasonal variation of PM10 and SPM levels in ambient air around a cement plant. JSIR 2003;62:827-33.
34. Hoseinzadeh E, Samarghandi M, Ghorbani Shahna F, Chavoshi E. Isoconcentration mapping of particulate matter in Hamedan intercity bus stations. Water Environ J 2012;27:1-7.
35. Shahsavani A1, Naddafi K, Jaafarzadeh Haghighifard N, Mesdaghinia A, Yunesian M, Nabizadeh R, et al. Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz Iran. Environ Monit Assess2012;11:22-9.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]

Investigation on the Dust Dispersion (PM_{10} and $PM_{2.5}$) by Doroud Cement Plant and Study of Its Individual Exposure Rates

Nourmoradi H[1], Omidikhaniabadi Y[2], Goudarzi G[3], Jourvand M[2], Nikmehr K[4]*

(Received: December 22, 2014 Accepted: September 14, 2015)

Abstract

Introduction: Dust originated from cement production is one of the most important environmental problems. Doroud Cement Plant is one of pollutant industries in Doroud Township. The aim of this study was to survey the dust amounts measuring (PM_{10} and $PM_{2.5}$), air quality investigation in terms of PM_{10} and $PM_{2.5}$ and compute of individual exposure rate.

Materials & methods: In this analytical-description study, Dust Truck Model TSI 8520 was used for the sampling of particulate matter. PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations were evaluated in 10 sampling stations in surrounding of cement plant according to the EPA guideline. These stations were important in terms of exposure with dust. The data was analyzed by SPSS-16.0 software and statistics tests of One-way ANOVA and T-test.

Findings: The results of this study showed that the maximum concentration of PM_{10} and $PM_{2.5}$ was 61.4±12.02 μg/m^3 and 36.8±2.12 μg/m^3, respectively. In 3.06 % of the samples of PM_{10}, the air quality was in unhealthy state and 100 % of the samples of $PM_{2.5}$, the air quality were reported to be in good condition. In addition, the amounts of personal exposure with PM_{10} and $PM_{2.5}$ were in the range of 491.2-614 μg-h/m^3 and 294.4-368 μg-h/m^3, respectively.

Discussion & Conclusions: Increase of dust concentration from the plant stack has been transferred the irritant and hazardous pollutants to the Doroud Township and residential areas. Therefore, it is recommended that novel methods such as Bag Filters, Bag Houses and Electrostatic Precipitators (ESP) should be used to reduce the dust from stack.

Keywords: Dust Dispersion, Cement Plant, PM_{10}, $PM_{2.5}$, Individual exposure

1. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
2. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
3. Dept of Environmental Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4. Dept of Occupational Health, Faculty of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
**Corresponding author Email: Yusef_omidi@yahoo.com*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.18869/acadpub.sjimu.24.1.64]