

Assessment of Particulate Matter, Free Silica and Toxic Gases Emissions from Khouzestan Cement Company

Sohiel Sobhanardakani¹,
Mahdi Saedi²

¹ Associate Professor, Department of the Environment, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

² MSc in Environmental Sciences, Islamic Azad University, Damavand Branch, Damavand, Iran

(Received March 2, 2015 ; Accepted June 2, 2015)

Abstract

Background and purpose: Air pollutants from cement factories and their accumulation in the environment cause various diseases and disorders in humans, plants and animals depending on the gender, size and duration of inhaled particles. Such pollutants also have synergistic effects on other air pollutants. This study was carried out for the first time to investigate the pollutants from Khouzestan Cement Company in 2013.

Materials and methods: Particulate matters, free silica and stack emissions were collected from selected stations in and nearby the Khouzestan Cement Company using standard methods. Sampling was done in calm and stable weather conditions. All statistical analyses were performed using SPSS.

Results: The results showed that maximum mean concentration of free silica and particulate matters were 5.89 ± 3.04 mg/m³ and 137.17 ± 16.45 µg/m³ for stone crushing and eastern stations, respectively. These rates in other stations were also found to be significantly higher than permissible exposure limits recommended by OSHA, MSHA, Iranian Department of Environment, and WHO.

Conclusion: Currently the mean concentrations of free silica, particulate matters and toxic gases from Khouzestan Cement Company are significantly higher than national and international standards, therefore using high efficiency equipment for air pollution are recommended to control emissions from cement industry pollutants.

Keywords: Air quality, free silica, particulate matter, Khouzestan Cement Company

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(125): 21-31 (Persian).

بررسی میزان گردوغبار، سیلیس و گازهای آلاینده ناشی از کارخانه سیمان خوزستان

سهیل سبحان اردکانی^۱
مهدی ساعدی^۲

چکیده

سابقه و هدف: آلاینده‌های هوا ناشی از فرآیند تولید سیمان و انتشار آن در محیط اطراف، برحسب ماهیت آلاینده و مدت زمان در معرض قرار گرفتن افراد، باعث ایجاد عوارض و بیماری‌های مختلف در انسان، حیوانات و گیاهان شده و اثر هم‌افزایی روی سایر آلاینده‌های هوا خواهد داشت. لذا با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای درباره ارزیابی آلاینده‌های هوای ناشی از کارخانه سیمان خوزستان انجام نشده است، این پژوهش با هدف بررسی میزان گردوغبار، سیلیس و گازهای آلاینده ناشی از کارخانه سیمان خوزستان در سال ۱۳۹۲ انجام یافت.

مواد و روش‌ها: پس از انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری داخل کارخانه و ایستگاه‌های محیطی، نسبت به نمونه‌برداری از ذرات گردوغبار هوای داخل و اطراف کارخانه، ذرات معلق، سیلیس آزاد و گازهای خروجی از دودکش‌های کارخانه مطابق روش‌های استاندارد در شرایط آرام و پایدار جوی و عدم بارش و هم‌چنین بررسی توزیع غلظت و میزان فرونشست گردوغبار هوای خروجی از دودکش‌ها اقدام شد. پردازش آماری داده‌ها نیز توسط نرم‌افزار آماری SPSS انجام یافت.

یافته‌ها: بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با $5/89 \pm 3/04$ میلی‌گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه سنگ‌شکن و در همه ایستگاه‌ها بیش‌تر از رهنمود OSHA، MSHA و سازمان حفاظت محیط زیست ایران می‌باشد. هم‌چنین بیشینه میانگین غلظت گردوغبار با $137/17 \pm 16/45$ میکروگرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه ضلع شرقی و در تمام ایستگاه‌ها بیش‌تر از رهنمود WHO می‌باشد.

استنتاج: با توجه به تجاوز میانگین غلظت سیلیس آزاد، ذرات گردوغبار و اکثر گازهای آلاینده از رهنمودهای ملی و بین‌المللی، نسبت به استفاده از تجهیزات مناسب برای کنترل آلاینده‌های خروجی از کارخانه سیمان خوزستان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کیفیت هوا، سیلیس آزاد، ذرات گردوغبار، کارخانه سیمان خوزستان

مقدمه

همگام با پیشرفت صنایع در کشورهای در حال توسعه، آلودگی هوا تهدیدی جدی برای سلامت عمومی جامعه قلمداد شده و از این‌رو در زمره مسائل مهم محیط‌زیستی و بهداشتی این گونه جوامع قرار گرفته است. گازهای مخرب و سمی، آلاینده‌ها و ذرات خطرناکی که روزانه توسط دودکش کارخانه‌ها

مؤلف مسئول: سهیل سبحان اردکانی - همدان: شهرک شهید مدنی، بلوار پروفیسور موسیوند، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه محیط زیست E-mail: s_sobhan@iauh.ac.ir

۱. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۲. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند، دماوند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۴/۲/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۱۲

سال کم‌تر از حد استاندارد سنگ‌شکن و الکتروفیلتر و غلظت گازهای خروجی اندکی بیش‌تر از استاندارد می‌باشد(۱).

Noor و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثرات مخرب ریوی قرارگرفتن در معرض گردوغبار در کارگران کارخانه سیمان مستقر در راوانگ مالزی اعلام کردند که بروز علائم اختلال در تنفس و عملکرد ریه در کارگران در مقایسه با افراد عادی بیش‌تر می‌باشد(۱۷).

Mwaiselage و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی اختلال در عملکرد تنفسی کارگران مواجهه یافته با گردوغبار صنایع سیمان در تانزانیا اعلام کردند که حد فعلی مواجهه شغلی با گردوغبار سیمان (۱۰ میلی‌گرم در متر) بیش‌تر از استاندارد تعیین شده برای جلوگیری از اثرات بهداشتی تنفسی می‌باشد(۱۸). بوداغپور و جدیدی (۲۰۰۹) با بررسی آلاینده‌های خروجی صنایع سیمان اطراف تهران اعلام کردند که گردوغبار، مونو کسید کربن، دی‌اکسید کربن، انواع اکسیدهای ازت و اکسیدهای گوگرد از آلاینده‌های شایع منتشر شده از کوره کلینکر و دودکش‌های صنایع سیمان می‌باشد(۵).

Abu-Allaban و Abu-Qudais (۲۰۱۱) با ارزیابی کیفیت هوای اطراف کارخانه سیمان در اردن اعلام کردند که نرخ انتشار آلاینده‌های منتشر شده از کوره، خنک‌کننده کلینکر و آسیاب بر حسب گرم در ثانیه برای ذرات معلق به ترتیب برابر با ۱۰/۲، ۸/۵ و ۱/۶، برای $PM_{2.5}$ به ترتیب برابر با ۲/۱، ۲/۱ و ۰/۴ و برای PM_{10} به ترتیب برابر با ۵/۱، ۴/۲ و ۰/۸ می‌باشد. هم‌چنین مونو کسید کربن منتشر شده از کوره برابر با ۲۱/۵ گرم در ثانیه، اکسیدهای ازت منتشر شده از خنک‌کننده کلینکر برابر با ۱۵۴/۹ گرم در ثانیه و دی‌اکسید گوگرد متصاعد شده از آسیاب برابر با ۵۶۰ گرم در ثانیه می‌باشد(۲۰).

با توجه به اهمیت موضوع و این‌که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی آلاینده‌های هوای ناشی از کارخانه سیمان خوزستان انجام نشده است، این

نیروگاه‌ها در محیط اطراف رها می‌شوند، این‌گونه جوامع را با چالش‌های محیط‌زیستی مهم مواجه ساخته است و از این رو آگاهی نسبت به جوانب مختلف این مسأله از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد(۱). صنعت سیمان همواره به‌عنوان یکی از منابع ثابت آلودگی هوا از جمله انتشار گازهای آلاینده، گردوغبار و ذرات معلق از جمله سیلیس مطرح بوده و تأثیرات آن به‌ویژه بر روی محیط و زیست‌مندان ساکن مناطق اطراف مدتوجه بوده است(۲). از آن‌جا که امروزه در کشور ما تأسیس صنایع تولید سیمان معمولاً با اشتغال‌زایی و جوانب اقتصادی دیگر همراه است، لذا توسعه این صنعت روندی رو به رشد را طی می‌کند. اما باید توجه داشت که در راستای این منافع اقتصادی، آسیب‌های محیط‌زیستی ناشی از آن اجتناب‌ناپذیر است(۳).

غبار تولیدی کارخانجات سیمان و انباشت حجم زیادی از آن در محیط اطراف کارخانجات، بر حسب جنس، اندازه ذرات و طول مدت استنشاق، عوارض و بیماری‌های مختلفی در انسان، حیوانات و گیاهان ایجاد می‌کند، به اشیاء و لوازم آسیب می‌رساند، موجب کاهش میدان دید شده و هم‌چنین اثر هم‌افزایی روی سایر آلاینده‌های هوا دارد. بنابراین، غبارگیری، گذشته از کنترل آلودگی هوا، اهمیت زیادی از نظر بازیابی مواد خام دارد(۴). تاکنون چندین مطالعه در زمینه بررسی اثر فعالیت صنایع سیمان بر کیفیت هوای محیط پیرامون در ایران و سایر کشورها انجام شده است(۲۲-۱).

حضرتی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی غلظت گردوغبار هوای محیط کار در کارخانه سیمان اردبیل اعلام کردند که غلظت گردوغبار در ۹۰ درصد از نمونه‌های محیطی و بیش از ۸۰ درصد از نمونه‌های فردی، بیش‌تر از مقادیر استاندارد ایران می‌باشد(۸).

الماسی و همکاران(۱۳۹۲) با بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از دودکش کارخانه سیمان سامان کرمانشاه در سال ۹۱-۱۳۹۰، اعلام کردند که میزان ذرات معلق خروجی از دودکش‌های کارخانه سیمان در همه فصول

پژوهش با هدف بررسی میزان گردوغبار، سیلیس و گازهای آلاینده ناشی از کارخانه سیمان خوزستان در سال ۱۳۹۲ انجام یافت.

مواد و روش ها

الف) معرفی منطقه مورد مطالعه: کارخانه سیمان خوزستان در شرق استان خوزستان در ۲۲ کیلومتری جاده رامهرمز به هفتگل و به فاصله ۱۱۲ کیلومتری از مرکز استان در زمینی به مساحت ۱۰۰ هکتار و در ارتفاع ۳۸۷ تا ۳۹۴ متر از سطح دریا با ظرفیت اسمی روزانه ۳۰۰۰ تن احداث شده است. این کارخانه دارای دو خط تولید بوده، که هر خط تولید دارای یک دودکش اصلی، یک دودکش گریت و یک بویلر می باشد (۲۳).

ب) نمونه برداری

ب-۱) روش آماری انتخاب نمونه: در این مطالعه توصیفی مقطعی با استناد به رابطه $N=Z^2(Sn^2/d^2)$ ، تعداد نمونه‌ها مشخص شد (۸).

ب-۲) نمونه برداری محیطی داخل کارخانه و تعیین گرد و غبار:

نمونه برداری از گردوغبار محیطی توسط دستگاه فتومتر DustTruk مدل ۸۵۳۰ ساخت شرکت TSI با حد تشخیص غلظت ۰/۰۰۱ تا ۴۰۰ میلی گرم در مترمکعب در ۶ ایستگاه سنگ شکن، اختلاط، آسیاب مواد، بارگیری فله‌ای، آسیاب سیمان و بارگیری پاکتی و در فاصله ۱۵۰ سانتی متری ایستگاه‌های منتخب در ۵ تکرار انجام یافت.

ب-۳) نمونه برداری از دودکش و تعیین گازهای آلاینده

نمونه برداری از گازهای خروجی دودکش‌ها (دودکش‌های اصلی، گریت کولر و بویلر مازون) از طریق دریچه نمونه برداری تعبیه شده بر روی دودکش مطابق روش پیشنهادی شماره ۲۰۷ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) در ۳

تکرار توسط دستگاه Testo مدل XL-350 واجد فیلتر SKC مدل استاندارد با قطر ۳۷ میلی متر، قطر منافذ ۵ میکرومتر و دبی ۱/۵ لیتر بر دقیقه و سنسور در فصل زمستان سال ۱۳۹۲ در شرایط آرام و پایدار جوی و عدم بارش (دمای ۱۶ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۴۶ درصد و سرعت وزش باد ۲ متر در ثانیه) انجام یافت (۲۴، ۶۰۱). به منظور حصول اطمینان از دقت در قرائت غلظت گازهای خروجی، ابتدا فیلترها چند ساعت درون دسیکاتور قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها گرفته شود. سپس به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم توزین شده و با استفاده از پنس فیلتر، درون سیکلون قرار گرفته و سیکلون به وسیله شلنگ‌های رابط به پمپ نمونه برداری کالیبره، متصل و در محل نمونه برداری تعبیه شد. بعد از خاتمه نمونه برداری، سیکلون از دستگاه جدا و برای توزین به آزمایشگاه منتقل شد (۲۴). وزن کردن سیکلون در آزمایشگاه پس از سپری شدن زمان تعادل (حداقل ۲۴ ساعت) انجام و میزان اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه برداری تعیین شد (۴).

ب-۴) نمونه برداری محیطی خارج کارخانه

نمونه برداری از ذرات معلق منتشر شده از دودکش‌ها مطابق روش گراویمتریک استاندارد ISO 9096 توسط دستگاه فتومتر Westech مدل MST در ۶ ایستگاه شامل ضلع جنوبی، ضلع شرقی و ضلع غربی هر یک به فاصله ۵۰۰ متری کارخانه، ضلع شمالی به فاصله ۷۰۰ متری کارخانه و روستاهای بنه خیرالله و دشت دنا به ترتیب با فواصل ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متری کارخانه در ۳ تکرار انجام یافت.

ب-۵) روش تعیین سیلیس آزاد:

برای تعیین سیلیس آزاد در نمونه‌های گردوغبار مطابق دستورالعمل National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) از روش پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) استفاده شد (۲۶، ۲۵). لازم به ذکر است که تمام دستگاه‌ها قبل از استفاده در

یافته ها

نتایج مربوط به غلظت قرائت شده سیلیس آزاد و گردوغبار به تفکیک ایستگاه نمونه برداری در جداول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج قرائت غلظت سیلیس آزاد به تفکیک ایستگاه نمونه برداری (جدول شماره ۱) بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با 0.70 ± 0.83 و 5.89 ± 3.04 میلی گرم در مترمکعب به ترتیب مربوط به ایستگاه های آسیاب سیمان و سنگ شکن می باشد. هم چنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه به منظور گروه بندی آماری ایستگاه های نمونه برداری از نظر میانگین غلظت قرائت شده سیلیس آزاد بیانگر آن است که بین همه ایستگاه های نمونه برداری اختلاف معنی دار آماری وجود دارد ($p < 0.05$).

نتایج قرائت غلظت گردوغبار به تفکیک ایستگاه نمونه برداری (جدول شماره ۲) بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت گردوغبار با 19.66 ± 122.30 و 16.45 ± 137.17 میکروگرم در مترمکعب به ترتیب مربوط به ایستگاه های ضلع شمالی و ضلع شرقی می باشد.

میانگین غلظت گازهای خروجی از دودکش های کارخانه بر حسب ppm به تفکیک نوع دودکش در جدول شماره ۳ ارائه شده است. نتایج بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت CO با 22 ± 6.44 و

جدول شماره ۱: غلظت سیلیس آزاد بر حسب میلی گرم در مترمکعب به تفکیک ایستگاه نمونه برداری

ایستگاه	سنگ شکن	اختلاط مواد	آسیاب فله ای	بارگیری آسیاب سیمان	بارگیری آسیاب پاکی
۱/۰۸	۲/۹۳	۴/۰۳	۱/۲۳	۰/۸۰	۲/۶۶
۵/۹۹	۴/۷۴	۵/۹۳	۲/۱۳	۰/۵۰	۴/۰۱
۷/۰۱	۴/۱۴	۱/۱۶	۲/۷۰	۰/۷۰	۱/۳۴
۹/۴۶	۳/۶۱	۱/۰۹	۲/۱۰	۰/۸۰	۲/۳۵
۵/۹۰	۲/۹۷	۳/۰۵	۱/۹۶	۰/۷۰	۲/۹۴
۵/۸۹*	۳/۶۷*	۴/۰۵	۲/۰۲ ^b	۰/۷۰ ^a	۲/۶۶
۳/۰۴	۱/۰۵	۲/۰۳	۰/۶۰	۰/۸۳	۱/۷۴

* حروف غیر مشترک (a, b, c, ...) بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0.05$) میانگین غلظت سیلیس آزاد بین ایستگاه های نمونه برداری بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون چنددامنه ای دانکن) می باشد.

آزمایشگاه اداره کل استاندارد استان خوزستان کالیبره شدند. در نهایت به منظور محاسبه تراکم گردوغبار از رابطه ۱ استفاده شد.

$$c = \frac{(w_2 - w_1) + B \times 1000}{V_{stp}} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه:

C = تراکم گردوغبار بر حسب میلی گرم در مترمکعب
 W_1 = وزن فیلتر قبل از نمونه برداری بر حسب میلی گرم
 W_2 = وزن فیلتر بعد از نمونه برداری بر حسب میلی گرم
 B = اختلاف وزن فیلتر شاهد که می تواند مثبت یا منفی باشد بر حسب میلی گرم
 V_{stp} = حجم هوا در شرایط استاندارد بر حسب لیتر

ب- بررسی توزیع و نرخ فرونشست گردوغبار: به منظور بررسی توزیع و نرخ فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش های اصلی و گریت کولر کارخانه سیمان خوزستان، ۶ ایستگاه با فواصل ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰ (روستای بنه خیرالله)، ۲۰۰۰ (روستای دشت دنا)، ۱۵۰۰۰ (شهر هفتگل) و ۲۲۰۰۰ (شهر رامهرمز) متری از کارخانه انتخاب شد.

ج) پردازش آماری داده ها

بدین منظور از ویرایش ۲۰ نرم افزار آماری SPSS استفاده شد. برای مقایسه غلظت و نرخ فرونشست گردوغبار در هوا ناشی از دودکش های اصلی و گریت کولر بین ایستگاه های نمونه برداری از آزمون آماری تحلیل واریانس بین آزمودنی یک طرفه (آزمون چنددامنه ای دانکن)، و برای مقایسه میانگین غلظت سیلیس آزاد و گردوغبار با رهنمود سازمان های OSHA، Mine Safety and Health Administration (MSHA) و سازمان حفاظت محیط زیست ایران و مقایسه میانگین غلظت گازهای آلاینده با رهنمود وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی از آزمون تی تک نمونه ای استفاده شد.

جدول شماره ۲: آمار توصیفی غلظت گردوغبار بر حسب میکروگرم در مترمکعب به تفکیک ایستگاه نمونه برداری

ایستگاه	کمینه	بیشینه	انحراف معیار ± میانگین غلظت*
ضلع شرقی	۱۱۹/۰۷	۱۴۸/۲۸	۱۳۷/۱۷ ± ۱۶/۴۵ ^{d**}
ضلع غربی	۱۱۵/۳۵	۱۴۹/۱۱	۱۳۷/۱۱ ± ۱۹/۳۵ ^d
ضلع جنوبی	۱۰۹/۸۷	۱۴۷/۳۰	۱۳۴/۴۵ ± ۲۱/۱۰ ^c
ضلع شمالی	۹۹/۹۲	۱۳۵/۶۱	۱۲۲/۳۰ ± ۱۹/۶۶ ^a
روستای بنه خیرالله	۱۰۵/۵۰	۱۴۳/۵۸	۱۳۰/۳۶ ± ۲۱/۳۸ ^b
روستای دشت دنا	۱۰۳/۸۷	۱۴۹/۲۴	۱۳۳/۴۱ ± ۲۵/۴۳ ^c

* مقادیر مربوط به میانگین غلظت ۳ نمونه می باشد.

* حروف غیرمشترک (a, b, c, ...) بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0/05$) غلظت گردوغبار بین ایستگاه های نمونه برداری بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون چنددامنه ای دانکن) می باشد.

بوایلر مازون می باشد. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه به منظور گروه بندی آماری دودکش ها از نظر میانگین غلظت گازهای آلاینده خروجی بیانگر آن است که برای همه گازهای آلاینده بین دودکش های مختلف اختلاف معنی دار آماری وجود دارد ($p < 0/05$).

جدول شماره ۳: میانگین غلظت* گازهای آلاینده خروجی از دودکش های کارخانه بر حسب ppm به تفکیک نوع دودکش

نوع دودکش آلاینده	دودکش اصلی	دودکش گریت	بوایلر مازون
مونو اکسید کربن	^a ۲۲/۰ ± ۶/۴۴	^b ۳۸/۰ ± ۱۵/۶۱	^c ۴۳/۰ ± ۲۹/۵۵
دی اکسید کربن	^a ۵۷/۰ ± ۱/۱۳	^b ۶۹/۰ ± ۲/۸۵	^c ۱۱۹/۰ ± ۴/۷۸
مونو اکسید ازت	^c ۴۳/۰ ± ۱۰/۳۵	^a ۲/۵۰ ± ۱/۰۷	^b ۹/۰ ± ۳/۴۱
دی اکسید ازت	^b ۰/۵۰ ± ۰/۰۹	^a ۰/۱۰ ± ۰/۰۸	^c ۰/۷۰ ± ۰/۲۰
دی اکسید گوگرد	^a ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۳	^b ۰/۰۲ ± ۰/۰۱	^c ۰/۰۴ ± ۰/۰۱

* مقادیر مربوط به میانگین غلظت ۳ نمونه می باشد.

* حروف غیرمشترک (a, b, c, ...) در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0/05$) غلظت گازهای آلاینده خروجی از دودکش های کارخانه بین دودکش های مختلف بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آزمون چنددامنه ای دانکن) می باشد.

۱۴۳ ± ۲۹/۵۵ به ترتیب مربوط به دودکش های اصلی و بوایلر مازون می باشد. کمینه و بیشینه غلظت CO₂ با ۱۱/۹۰ ± ۴/۷۸ و ۵/۷۰ ± ۱/۱۳ به ترتیب مربوط به دودکش های اصلی و بوایلر مازون می باشد. کمینه و بیشینه غلظت NO با ۲/۵۰ ± ۱/۰۷ و ۴۳ ± ۱۰/۳۵ به ترتیب مربوط به دودکش های گریت و اصلی می باشد. کمینه و بیشینه غلظت NO₂ با ۰/۱ ± ۰/۰۸ و ۰/۷ ± ۰/۲ به ترتیب مربوط به دودکش های گریت و بوایلر مازون می باشد. هم چنین کمینه و بیشینه غلظت SO₂ با ۰/۰۱ ± ۰/۰۰۳ و ۰/۰۴ ± ۰/۰۱ به ترتیب مربوط به دودکش های اصلی و

نتایج سنجش توزیع غلظت و نرخ فرونشست گرد و غبار هوا خروجی از دودکش های اصلی و گریت کولر کارخانه سیمان خوزستان بر اساس جهت جغرافیایی اصلی و فرعی به ترتیب در جداول شماره ۴ تا ۷ ارایه شده است.

جدول شماره ۴: توزیع غلظت گردوغبار خروجی از دودکش اصلی در هوا بر حسب میکروگرم در مترمکعب به تفکیک جهت جغرافیایی

ردیف	فاصله ایستگاه تا کارخانه (متر)	جهت جغرافیایی							
		NW	W	SW	S	SE	E	NE	N
۱	۵۰۰	۰/۰۲۲	۰/۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۰/۰۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۰۶	
۲	۷۰۰	۰/۰۳۶	۰/۰۱۴	۰/۰۴۶	۰/۰۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۳۸	۰/۰۰۹	
۳	۱۰۰۰	۰/۰۴۱	۰/۰۱۷	۰/۰۶۱	۰/۰۸۹	۰/۰۰۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۸	
۴	۲۰۰۰	۰/۰۳۹	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۵۰	۰/۴	۰/۲۲	۰/۰۵	
۵	۱۵۰۰۰	۰/۰۶۳	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	
۶	۲۲۰۰۰	۰/۰۳۹	۰/۰۱۲	۰/۰۳	۰/۰۲۳	۰/۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۲۷	

جدول شماره ۵: توزیع غلظت گردوغبار خروجی از دودکش گریت کولر در هوا بر حسب میکروگرم در مترمکعب به تفکیک جهت جغرافیایی

ردیف	فاصله ایستگاه تا کارخانه (متر)	جهت جغرافیایی							
		NW	W	SW	S	SE	E	NE	N
۱	۵۰۰	۰/۶۹	۰/۳۹	۲/۰۱	۳/۰۰	۲/۸۰	۰/۸۶	۲/۰۰	
۲	۷۰۰	۰/۶۶	۰/۳۷	۱/۵۰	۷/۹۰	۳/۰۱	۰/۸۹	۲/۰۱	
۳	۱۰۰۰	۰/۴۴	۰/۲۳	۱/۷۰	۴/۶۰	۲/۷۰	۰/۷۷	۱/۷	
۴	۲۰۰۰	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۵۸	۵/۸۰	۱/۱۰	۰/۵۲	۰/۹۰	
۵	۱۵۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵۷	۰/۰۲۳	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۰۲۵	۰/۰۵۳	
۶	۲۲۰۰۰	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۱۳	۰/۰۲۶	

جدول شماره ۶: توزیع میزان فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش اصلی کارخانه بر حسب میکروگرم در مترمربع بر ثانیه به تفکیک جهت جغرافیایی

ردیف	فاصله ایستگاه تا کارخانه (متر)	جهت جغرافیایی							
		NW	W	SW	S	SE	E	NE	N
۱	۵۰۰	۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۶۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۲۱
۲	۷۰۰	۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۷۸	۰/۰۰۱۳
۳	۱۰۰۰	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۹
۴	۲۰۰۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۵۸
۵	۱۵۰۰۰	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۷۷	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۲۹	۰/۰۰۰۰۷۱
۶	۲۲۰۰۰	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳۹

جدول شماره ۷: توزیع میزان فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش گریت کولر کارخانه بر حسب میکروگرم در مترمربع بر ثانیه به تفکیک جهت جغرافیایی

ردیف	فاصله ایستگاه تا کارخانه (متر)	جهت جغرافیایی							
		NW	W	SW	S	SE	E	NE	N
۱	۵۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۹۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۴۷
۲	۷۰۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۳
۳	۱۰۰۰	۰/۰۰۹۳	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۲۵
۴	۲۰۰۰	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۶۸	۰/۰۰۱۴
۵	۱۵۰۰۰	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۴۹	۰/۰۰۰۱۰
۶	۲۲۰۰۰	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۷۴	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۴۹

۲۲۰۰۰ و ۵۰۰ متری می‌باشد. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای به منظور مقایسه میانگین غلظت سیلیس آزاد در ایستگاه‌های نمونه‌برداری با رهنمود OSHA (۰/۲۶ میلی گرم در مترمکعب)، MSHA (۰/۲۷ میلی گرم در مترمکعب) و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۰/۱۵ میلی گرم در مترمکعب) (۲۷-۲۵) و هم چنین مقایسه میانگین غلظت گردوغبار در ایستگاه‌های نمونه‌برداری با رهنمود WHO (۷۵ میکروگرم در مترمکعب) (۲۰)، بیانگر آن است که میانگین غلظت سیلیس آزاد و گردوغبار در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری با رهنمودها اختلاف معنی‌دار داشته ($p < ۰/۰۵$) و بیش‌تر از استاندارد می‌باشد.

بحث

سیلیس کریستالی توسط موسسه NIOSH و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران به‌عنوان ماده سرطان‌زای احتمالی A-2 شناخته شده است. هم‌چنین استنشاق گردوغبار حاوی سیلیس آزاد در غلظت بالا می‌تواند سلامتی شاغلین این‌گونه صنایع را در طولانی‌مدت متاثر نماید (۸) نتایج قرائت غلظت سیلیس آزاد به تفکیک

نتایج سنجش توزیع غلظت گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت کولر در هوا بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (جداول شماره ۴ و ۵) به تفکیک ایستگاه نمونه برداری بیانگر آن است که کمینه و بیشینه غلظت گردوغبار خروجی از دودکش اصلی با ۰/۰۱۲ و ۰/۶۰ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های با فواصل ۲۲۰۰۰ و ۷۰۰ متری می‌باشد. هم‌چنین کمینه و بیشینه غلظت گردوغبار خروجی از دودکش گریت کولر با ۰/۰۱۳ و ۷/۹۰ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های با فواصل ۲۲۰۰۰ و ۷۰۰ متری می‌باشد.

نتایج سنجش فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت کولر کارخانه بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{S}$ (جداول شماره ۶ و ۷) به تفکیک ایستگاه نمونه‌برداری بیانگر آن است که کمینه و بیشینه مقدار فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش اصلی با ۰/۰۰۰۰۱ و ۰/۰۰۱ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۲۲۰۰۰ و ۵۰۰ متری می‌باشد. هم‌چنین کمینه و بیشینه فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش گریت با ۰/۰۰۰۰۲۶ و ۰/۰۱۷ به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های

ایستگاه نمونه برداری بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با $5/89 \pm 3/04$ میلی گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه سنگ شکن و بیش تر از رهنمود MSHA، OSHA و سازمان حفاظت محیط زیست ایران می باشد. هم چنین نتایج قرائت گردوغبار به تفکیک ایستگاه نمونه برداری بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با $137/17 \pm 16/45$ میکروگرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه ضلع شرقی و بیش تر از رهنمود WHO می باشد. در این راستا برای مرتفع شدن مشکل به استفاده از الکتروفیلترهایی با کارایی بالا در کارخانه سیمان خوزستان توصیه می شود. مطالعه محمدیان و همکاران (۱۳۹۱) با هدف ارزیابی میزان مواجهه کارگران با ذرات سیلیس بلوری در کارگاه های استان مازندران انجام یافت که نتایج نشان داد میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق سیلیس در هوای تنفسی کارگران به طور قابل ملاحظه از رهنمود ACGIH بیش تر است (۲۸)؛ مطالعه علیزاده داخل و همکاران (۱۳۸۹) با هدف بررسی غلظت گردوغبار در کارخانه سیمان کرمان انجام یافت و نتیجه گرفتند که میانگین غلظت گردوغبار خروجی با $0/380$ میکروگرم در مترمکعب دارای اختلاف معنی دار با رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست ایران ($p < 0/05$) و بیش تر از حد مجاز می باشد (۶).

مطالعه حضرتی و همکاران (۱۳۸۸) که نسبت به بررسی گردوغبار هوای محیط کار در کارخانه سیمان اردبیل اقدام کرده و نتیجه گرفتند که غلظت سیلیس آزاد موجود بیش تر از رهنمود کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران می باشد (۸)، مطالعه صمدی و جنید (۱۳۸۲) که با هدف بررسی غلظت گردوغبار و سیلیس آزاد موجود در هوای معدن سرب و روی عمارت انجام یافت و نتیجه گرفتند که میزان گرد و غبار و غلظت سیلیس آزاد در هوای محیط با رهنمود WHO اختلاف معنی دار آماری داشته ($p < 0/05$) و در همه موارد بیش تر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی است (۲۵) و مطالعه Chaurasia و همکاران (۲۰۱۴) که با هدف ارزیابی

آلاینده های منتشر شده از صنایع سیمان در هندوستان انجام یافت و نتیجه گرفتند که غلظت ذرات معلق بیش تر از حد استاندارد می باشد (۲۹)، بیانگر تشابه بین نتایج است. هم چنین مقایسه نتایج این پژوهش با دستاورد مطالعه الماسی و همکاران (۱۳۹۲) که نسبت به بررسی آلاینده های خروجی از دودکش کارخانه سیمان کرمانشاه اقدام کرده و نتیجه گرفتند که غلظت ذرات معلق خروجی دودکش های کارخانه سیمان در همه فصول نمونه برداری کم تر حد استاندارد می باشد (۱)، مطالعه اکبری و برهان دیانی (۱۳۹۱) که با هدف بررسی غلظت گردوغبار در کارخانه سیمان بهبهان انجام یافت و نتیجه گرفتند میانگین غلظت گردوغبار خروجی با $0/152$ میلی گرم در مترمکعب بار رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست اختلاف معنی دار آماری ندارد (۷)، بیانگر عدم تشابه بین نتایج است. نتایج قرائت غلظت گازهای آلاینده خروجی از دودکش های کارخانه بر حسب ppm بیانگر آن است که بیشینه غلظت CO ، NO_2 و SO_2 به ترتیب با $143 \pm 29/55$ ، $0/7 \pm 0/1$ و $0/04 \pm 0/01$ مربوط به بویلر مازون و در همه موارد با حد استاندارد هوای پاک WHO (۹ ppm) برای مونوکسید کربن، $0/05$ ppm برای دی اکسید ازت و $0/03$ ppm برای دی اکسید گوگرد) دارای اختلاف معنی دار ($p < 0/05$) و بیش تر از حد استاندارد می باشد. هم چنین نتایج مقایسه بیشینه غلظت CO ، NO_2 و SO_2 با حد مجاز مواجهه شعلی ارایه شده توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (۲۵ ppm) برای مونوکسید کربن، ۳ ppm برای دی اکسید ازت و ۲ ppm برای دی اکسید گوگرد (۳۰) بیانگر وجود اختلاف معنی دار ($p < 0/05$) می باشد و در مورد دی اکسید گوگرد کم تر از حد مجاز می باشد. در مقایسه نتایج این پژوهش با دستاورد مطالعه الماسی و همکاران (۱۳۹۲) که نتیجه گرفتند غلظت گازهای خروجی CO و NO_2 از دودکش های کارخانه سیمان کرمانشاه در همه فصول نمونه برداری کم تر از حد استاندارد می باشد (۱).

تفکیک ایستگاه نمونه برداری بیانگر آن است که بیشینه مقدار فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت به ترتیب با ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۷ مربوط به ایستگاه با فاصله ۵۰۰ متری می‌باشد. این موضوع را می‌توان به شرایط اقلیمی منطقه از قبیل سرعت و جهت وزش باد، رطوبت نسبی و... و هم چنین فاصله از دودکش کارخانه مرتبط دانست. با استناد به نتایج که بیانگر تجاوز میانگین غلظت سیلیس آزاد، ذرات گردوغبار و اکثر گازهای آلاینده از رهنمودهای ملی و بین‌المللی است، نسبت به استفاده از تجهیزات مناسب برای کنترل آلاینده‌های خروجی از کارخانه سیمان خوزستان توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته محیط‌زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند می‌باشد. بدین وسیله از مدیریت کارخانه سیمان خوزستان به دلیل فراهم کردن شرایط اجرای پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Almasi A, Asadi F, Mohamadi M, Farhadi F, Atafar Z, Khamutian R, Mohammadi A. Survey of pollutant emissions from stack of Saman cement factory of Kermanshah city from year 2011 to 2012. *J Health Field* 2013; 1(2): 36-43 (Persian).
2. Abbasi J, Salari M. Environmental pollutions from cement factories. 5th Students Mining Engineering Conference; November 1-2, 2006; Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (Persian).
3. Moatar F. The effects of environmental pollution from the perspective of Ilam cement. Ms.C Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University; 2004; p. 3-30. (Persian).
4. Boudaghpour S, Jadidi A. Investigation of the effect of outlet pollutants of cement production industries around Tehran and approaches to control and eliminate pollutants. *Int J Phys Sci* 2009; 4(9): 486-495.
5. Boudaghpour S, Jadidi A. Investigation of the effect of outlet pollutants of cement production industries around Tehran and approaches to control and eliminate pollutants. *International Journal of Physical Sciences* 2009; 4(9): 486-495.
6. Alizadehdakhel A, Ghavidel A, Panahandeh M. CFD Modeling of Particulate Matter Dispersion from Kerman Cement Plant. *IJHE* 2010; 3(1): 67-74.

مطالعه Abu-Qudais و Abu-Allaban (۲۰۱۱) که با هدف بررسی غلظت آلاینده‌های دی اکسید گوگرد و دی اکسید ازت خروجی از دودکش کارخانه سیمان در اردن انجام یافت و نتیجه گرفتند که غلظت دی اکسید نیتروژن با ۰/۰۰۸ ppm کم‌تر از رهنمود WHO است (۲۰)، بیانگر عدم تشابه بین نتایج می‌باشد. هم چنین در مقایسه نتایج پژوهش با دستاورد مطالعه بداغ‌پور و جدیدی (۱۳۸۸) که نسبت به بررسی آلاینده‌های تولیدی صنایع سیمان اطراف تهران و روش‌های کنترل آلودگی اقدام کرده و نتیجه گرفتند غلظت گازهای آلاینده بیش‌تر از استاندارد می‌باشد (۵)، می‌توان به تشابه نتایج اشاره کرد.

نتایج سنجش توزیع غلظت گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت کولر در هوا بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^3$ به تفکیک ایستگاه نمونه برداری محیطی بیانگر آن است که بیشینه غلظت گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت به ترتیب با ۰/۶۰ و ۷/۹۰ مربوط به ایستگاه با فاصله ۷۰۰ متری می‌باشد. هم چنین نتایج سنجش فرونشست گردوغبار خروجی از دودکش‌های اصلی و گریت کولر کارخانه بر حسب $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{S}$ به

-
7. Akbari A, Borhan dayyani S. An evaluation of pollutant gases outlet cement factory Behbahan and compared with the standard. 1th National Conference on Planning and Environmental Protection; February 22, 2011; Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. (Persian).
 8. Hazrati S, Rezazadeh Azari M, Sadeghi H, Rahimzadeh S, Mostaed N. Dust Concentrations in an Ardabil Portland Cement Industry. *J Ardabil Univ Med Sci* 2009; 9(4): 292-298 (Persian).
 9. Rasouli S, Khatibzadeh S, Seifolahzadeh A. Air pollution in cement industries. 1st Seminar on Environment and Color; February 18-19, 2004; Color Research Center, Tehran, Iran. (Persian).
 10. Noorpoor A, Anvari AR. Survey of the risk of exposure to micro and nanometer particulate matters. 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 11. Noorpoor A, Kazemi Shahabi N. Survey of TSP concentration output from industrial stacks using modelling of air pollution emission and dispersion (Case study: Ilam cement factory). 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 12. Balati A, Bayat J. Survey of cement industry pollutants and management and control of its (Case study: Tehran cement factory). 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 13. Salimi A, Movahedian M. Survey of cement industry pollutants by focusing on carbon monoxide emissions. 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 14. TaherzadehMousavian SM, Taheri Abkenar K. The effects of dust deposition pollutions from cement plants on plant species growth around the factory. 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 15. Karbassi AR, Khadem Boroujerdi HR, Samadi R. The environmental impacts of Abyek cement factory. 1nd International Conference on Cement Industry, Energy and Environment; January 21-23, 2013; University of Tehran, Tehran, Iran. (Persian).
 16. Bonyadi M, Razi Vanani M. Survey of ways to environmental pollutants reduces in cement factory stacks. Third National Conference on industrial burners and furnaces; May 30, 2013; Han Andishan Kimia Energy Company, Tehran, Iran. (Persian).
 17. Noor H, Yap CL, Zolkepli O, Faridah M. Effect of exposure to dust on lung function of cement factory workers. *Med J Malaysia* 2000; 55(1): 51-7.
 18. Mwaiselage J, Bråtveit M, Moen B, Mashalla Y. Cement dust exposure and ventilatory function impairment: an exposure-response study. *J Occup Environ Med* 2004; 46(7): 658-667.
 19. Rehan R, Nehdi M. Carbon dioxide emissions and climate change: policy implications for the cement industry. *Environ Sci Policy* 2005; 8(2): 105-114.
 20. Abu-Allaban M, Abu-Qudais H. Impact assessment of ambient air quality by cement industry: A case study in Jordan. *Aerosol Air Qual Res* 2011; 11(7): 802-810.

21. Zimwara D, Mugwagwa L, Chikowore TR. Air pollution control techniques for the cement manufacturing industry: A case study for Zimbabwe, 42nd International Conference on Computers and Industrial Engineering; July 16-18, 2012; Cape Town International Convention Centre, Cape Town, South Africa.
22. Alireza Noorpoor A, Kazemi Shahabi N. Dispersion modeling of air pollutants from the Ilam cement factory stack. *J Civil Environ Eng* 2014; 44(1): 107-116 (Persian).
23. Ghobadi MH, Mohammadian M. The potential of tertiary geological formations for prepare raw material for Khuzestan Cement industry. 5th Conference of Applied Geology and the Environment; March 7, 2011; Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran. (Persian).
24. Nikpey A. Air Sampling and Instrumental Analysis Methods. Tehran: Fanavaran Publication; 2012. p. 352 (Persian).
25. Samadi S, Jonaid BS. Measuring the duct concentration and its free silica at Emarat lead and zinc surface mine. *Feyz* 2004; 7(4): 84-89 (Persian).
26. Naghizadeh A, Mahvi AH, Jabbari H, Dadpour A, Karimi M. Determination the level of dust and free silica in air of Khaf iron ston quarries. *Iranian J Health Environ* 2008; 1(1): 37-44 (Persian).
27. Iran Department of the Environment. Environmental Standards in the Field of Human Environment. Department of Environment Publication; 2003. p. 151 (Persian).
28. Mohammadyan M, Rokni M, Islami S, Fazeli A. Evaluation of workers' exposure to crystalline silica particles in some factories of Mazandaran Province. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2012; 22(88): 18-24 (Persian).
29. Nimbahera, Rajasthan, India. *Int J Curr Microbiol App Sci* 2014; 3(3): 133-139.
30. Ministry of Health and Medical Education. Occupational Exposure Level. Centre for Environment and Health. 3rd ed. 2012; p. 214 (Persian).